

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ

**OPTIMALIZACE ÚPRAV NA SÍTKÁCH PRO  
LAPAROSKOPICKÉ OPERACE**

**OPTIMALISATION OF MODIFICATIONS ON  
MESHES FOR LAPAROSCOPIC  
APPLICATIONS**

LIBEREC 2007

IVANA SEKVENCOVÁ

Technická univerzita v Liberci  
Fakulta textilní

Obor M3106  
Textilní materiálové inženýrství  
Katedra textilních materiálů

OPTIMALIZACE ÚPRAV NA SÍTKÁCH PRO LAPAROSKOPICKÉ  
OPERACE

OPTIMALISATION OF MODIFICATIONS ON MESHES FOR  
LAPAROSCOPIC APPLICATIONS

**Ivana Sekvencová**  
**461**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Bajzík

Rozsah práce a příloh

Počet stran:	59
Počet obrázků:	33
Počet tabulek:	19
Počet příloh:	3

8.1.2007

## **Originál zadání práce**

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 8. ledna 2007

.....

Podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Vladimíru Bajzíkovi za možnost realizace tohoto tématu, za cenné připomínky a pomoc při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat všem svým kolegyním a kolegům z Výzkumného ústavu pletářského za poskytnuté informace a odbornou pomoc při realizaci praktické části, zejména Ing. Miladě Kammermayerové, Ing. Tereze Duchoňové a Mgr. Evženu Svanovskému.

## **Abstrakt**

V diplomové práci jsou prezentovány konstrukční parametry, mechanické a chemické vlastnosti polypropylenové chirurgické sítky pro laparoskopické operace. Na chirurgických sítkách jsou provedeny různé typy úprav za účelem odstranění nečistot tak, aby síťka splňovala požadavky pro následné lékařské aplikace. Po úpravách byly vyhodnoceny naměřené veličiny, po jejich posouzení byl vybrán nejvhodnější způsob úpravy sítky tak, aby splňoval normy pro zdravotnické materiály.

## **Abstract**

The diploma work deals with structural parameters, mechanical and chemical features of polypropylene surgical mesh for laparoscopic surgeries. Various types of adjustment were carried out on the surgical meshes to remove foreign matters so that it meet the requirements of medical applications. Measured variables were analysed after the adjustments. And then the most suitable method of mesh adjustment was chosen to match the specifications of medical supplies.

## **Klíčová slova**

Polypropylen

Chirurgická síťka

Laparoskopie

Kýla

Implantát

## **Keywords**

Polypropylene

Surgical mesh

Laparoscopy

Rupture

Surgical implant

## Obsah

Obsah .....	8
Seznam použitých symbolů a zkratk .....	10
Úvod.....	11
1. Situace v problematice polypropylenových chirurgických sítěk .....	12
1.1 Teoretická analýza problematiky chirurgických sítěk .....	13
1.2 Průzkum trhu s chirurgickými sítěmi .....	16
1.2.1 Výrobci chirurgických sítěk.....	16
1.2.2 Ukázky chirurgických sítěk vybraných výrobců .....	18
2. Experimentální část.....	23
2.1 Metody úpravy síťky .....	23
2.1.1 Úprava č. 1: Praní a vyvářka .....	23
2.1.2 Úprava č. 2: Extrakce v chloroformu .....	23
2.1.3 Úprava č. 3: Ultrazvukové čištění v destilované vodě .....	24
2.1.4 Úprava č. 4: Ultrazvukové čištění v isopropylalkoholu .....	24
2.2 Konstrukční parametry .....	26
2.2.1 Tloušťka .....	26
2.2.2 Plošná hmotnost .....	28
2.2.3 Rozměrové změny .....	29
2.3 Mechanické vlastnosti.....	32
2.3.1 Pevnost a tažnost v průtlaku sondou .....	32
2.4 Zhodnocení konstrukčních parametrů a mechanických vlastností síťky po jednotlivých úpravách, výběr nejvhodnějšího typu úpravy a postup dalšího hodnocení polypropylenové síťky .....	35
2.5 Chemické vlastnosti.....	37
2.5.1 Příprava vodného výluhu .....	37
2.5.2 Absorbance .....	37
2.5.3 Potenciometrické stanovení pH .....	39



2.5.4	Organoleptické zkoušky .....	40
2.5.5	Stanovení těžkých kovů .....	40
3.	Závěr a doporučení .....	42
	Literatura .....	45
	Příloha č. 1 .....	47
	Příloha č. 2.....	52
	Příloha č. 3 .....	56

### **Seznam použitých symbolů a zkratek:**

PTFE	polytetrafluorethylen
PP	polypropylen
PET	polyethylenterephtalat
PUR	polyuretan
$K_{0,975}$	kvantil
H	hloubka pivotu
$x_D$	dolní pivot
$x_U$	horní pivot
$P_L$	pivotová polosuma
$R_L$	pivotové rozpětí
IS	interval spolehlivosti
VÚP a.s	Výzkumný ústav pletařský a.s.

## Úvod

Cílem této diplomové práce je optimalizace úprav na síťkách pro laparoskopické operace tak, aby bylo možné je použít k chirurgickým účelům. Jsou zde provedeny 4 různé typy úprav, u kterých by mělo dojít k odstranění všech nežádoucích nečistot z monofilních polypropylenových sítěk, při současném zachování konstrukčních parametrů a mechanických vlastností. Výběr nejvhodnější metody se zakládá na porovnání naměřených parametrů sítěk před a po jednotlivých úpravách.

Monofilní polypropylenové síťky představují optimální volbu díky vlastnostem samotného polypropylenu. To je lehký, chemicky a tepelně odolný termoplastický polymer s vysokým povrchovým leskem. Díky těmto vlastnostem vykazuje látka vysokou stabilitu in vivo, a po jejím opětovném vynětí z organismu nejeví známky povrchového poškození [4]. Zároveň má tento polymer dobré funkční a histologické výsledky, a tudíž je vhodný pro dlouhodobou aplikaci [2].

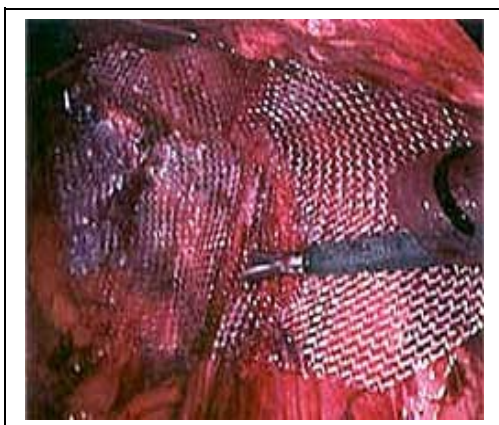
Téma optimalizace úprav na síťkách pro laparoskopické operace jsem řešila ve Výzkumném ústavu pletářském v Brně. VÚP a.s., který má za sebou více než 50 let historie, je společností střední velikosti se zaměřením na speciální pletářské výrobky, včetně jejich výzkumu a výroby pod značkou METEA®.

Výzkum a vývoj byl ve VÚP zahájen v roce 1958 a týkal se nahrazení lidské cévy pletenou umělou cévou. Vynálezcem cévní protézy je Dr. Ing. Jan Dvořák CSc. V roce 1961 byla vyrobena první pletená rovná cévní protéza, která byla zhotovena na osmizámkovém pletacím stroji. Ve stejném roce byla provedena i první implantace cévní protézy vyrobené ve VÚP. Cévní protézy se setkaly se značným ohlasem na chirurgických pracovištích, a s požadavky na zhotovení dalších implantabilních textilních materiálů.

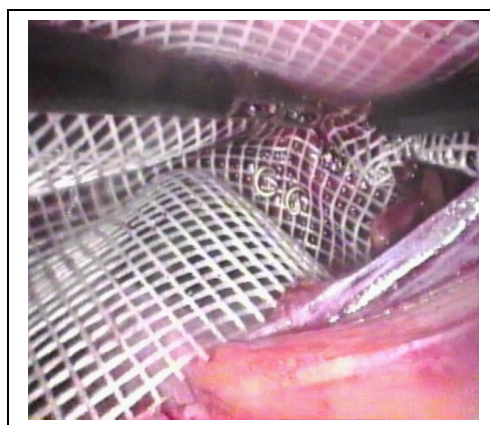
V dnešní době převážnou část sortimentu VÚP a.s. tvoří cévní protézy s kolagenní úpravou. Déle se zde vyrábí nestlačitelné cévní protézy, chirurgické síťky, gastrické bandáže a velké množství různých typů obvazového materiálu.

## 1. Situace v problematice polypropylenových chirurgických sítěk

Nejčastěji se polypropylenové chirurgické síťky využívají při terapii kýly. Kýla (hernie) je stav, kdy se zeslabenou částí břišní stěny vyklenuje pobřišnice a vytváří kýlní vak, do kterého se mohou vysouvat různé části břišních orgánů. Působením nitrobřišního tlaku potom dochází ke zvětšování kýly. Jediným způsobem trvalé léčby kýly je chirurgická operace. Cílem operace je vrátit obsah kýlního vaku zpět do dutiny břišní a zeslabené místo břišní stěny zpevnit. Zpevnění se provádí našitím implantátu – syntetické síťky do defektu (obr. 1, 2). Operaci lze provést klasickým řezem, tedy řezem skrze kůži nad hmatnou kýlou. Nyní se však naskýtá možnost provést výkon laparoskopicky [13].



Obr. 1: implantace chirurgické síťky



Obr. 2: implantace chirurgické síťky

Laparoskopie je minimálně invazivní metoda, která umožňuje přístup do břišní dutiny bez jejího otevření tradičním chirurgickým řezem. Nejdříve se speciální jehlou naplní dutina břišní oxidem uhličitým a pak pomocí několika krátkých řezů (1 cm až 2 cm) v břišní stěně se zavedou tzv. trokary (většinou kovová nebo plastová trubička se zpětným ventilem, který zamezuje úniku plynu z nafouknutého břicha). Těmi se poté zavádí speciální laparoskopické nástroje a tubus s optikou, přenášející obraz na monitor [13].

Výhodami laparoskopie jsou malé řezy v břišní stěně a s nimi spojená i menší pooperační bolest a lepší komfort pro pacienta, lepší kosmetický efekt, menší riziko recidivy a kratší doba pobytu v nemocnici.

## 1.1 Teoretická analýza problematiky chirurgických sítěk

Tradičně jsou při terapii kýly používány sítky multifilní. Jsou sice převratným krokem k léčbě a snížení počtu relapsů onemocnění, ale vyvolávají zároveň nežádoucí zánětlivé reakce. Řešením tohoto problému by pravděpodobně bylo snížení celkového množství a hustoty implantovaného materiálu [1].

Vhodným řešením výše uvedeného problému, se jeví použití již zmíněné sítky monofilní. Ta má dokonce lepší vlastnosti než původně využívané sítky multifilní. Vyznačují se vysokou tuhostí, čehož je s výhodou využíváno právě při jejím laparoskopickém zavádění, protože se po smočení v těle pacienta nedeformuje a lze ji snadno rozprostřít a upevnit svorkami v operačním místě. Jsou lehčí, lépe se vhojují a imunitní reakce proti nim je téměř na fyziologické úrovni [2].

V současné době jsou na mnoha chirurgických pracovištích preferovány metody operací bez napětí tzv. „tension free“, kdy je nedostatečná vlastní tkáň nahrazena implantátem (chirurgickou sítkou). Ta se vždy chová jako cizí těleso, a po její implantaci dochází k zánětlivé reakci a novotvorbě vaziva. Byl proveden experiment, který měl za úkol zhodnotit zejména tkáňovou reakci na implantát (makroskopické a histologické zhodnocení) a stálost implantátu v čase.

V tomto experimentu byly porovnávány následující typy sítěk:

- **Vicryl:** absorbovatelná síťka
- **Mersilen:** multifilamentní nevstřebatelná síťka z polyesteru
- **Prolen:** monofilamentní síťka z polypropylenu
- **Goretex:** neabsorbovatelná síťka z PTFE

Po makroskopickém a mikroskopickém nálezu byla síťka **Vicryl** zcela vstřebaná, s minimem vytvořené nové tkáně a bez zánětlivé reakce. Síťka **Mersilen** byla zachována v celém rozsahu, bez deformace hojně prostoupená vazivem, v okolí sítěky s výraznou reakcí zánětlivého charakteru. **Prolen** síťka zachována v celém rozsahu, bez deformací, hojně prostoupená novým vazivem, a mírnou reakcí na cizorodý materiál. **Goretex** síťka zachována v celém rozsahu, deformovaná a bez novotvorby vaziva s mírnou zánětlivou reakcí. V závěrečném

zhodnocení je uvedeno, že jako nejvýhodnější pro použití v laparoskopické chirurgii se jeví nevstřebatelná, monofilní síťka – **Prolen**. Její výhoda je dána trvanlivostí, dobrou biokompatibilitou, výbornou tvorbou nové tkáně v okolí síťky, rezistencí vůči infekci a v neposlední řadě výbornou manipulovatelností. Polypropylen se chová jako inertní materiál a po implantaci síťky dochází k pevnému zhojení kýly [5].

Shrnutím veškerých poznatků této problematiky je zřejmé, že polypropylen jako takový je vhodný pro svou dobrou biokompatibilitu, vykazuje minimální dráždivost pro okolní tkáně, je rezistentní vůči infekci, je inertní a také trvanlivý. Síťka z něj vyrobená se vyznačuje výbornou manipulovatelností, nedeformovatelností, je celistvá a pevná po celou dobu hojení rány, poddajná ve všech směrech, fyziologicky stabilní a struktura velkých oček podporuje tvorbu nové tkáně a uspořádané prorůstání nových buněk.

Z dosavadní praxe chirurgů provádějících laparoskopické operace jasně vyplývají požadavky, které by měla tato chirurgická síťka splňovat.

#### Biologické vlastnosti:

- biokompatibilita
- minimální dráždivost pro okolní tkáně
- fyziologická stabilita
- mikrobiologická čistota

#### Mechanické vlastnosti:

- pevnost
- celistvost
- poddajnost ve všech směrech
- dobrá manipulovatelnost při implantaci
- nedeformovatelnost a rozměrová stálost
- snadné stříhání a minimální třepení okrajů po odstřižení

Vzhledem k lokalizaci síťky při terapii kýly (stěna břišní, třísla) je nutné tedy sledovat vhodné konstrukční parametry, mechanické a chemické vlastnosti. Ve své práci se zabývám hodnocením tloušťky, plošné hmotnosti, rozměrových změn, pevností a tažností; absorbance, potenciometrického stanovení pH, organoleptických zkoušek a obsahu těžkých kovů.

První dva parametry zastupují míru zátěže organismu síťkou. Vyšší hmotnost a tloušťka jsou „přímo úměrné“ zvýšené zátěži, ztrátě ohebnosti a vyššímu riziku dislokace síťky z místa její aplikace [3].

Rozměrové změny, pevnost a tažnost potom reprezentují její správnou funkci v místě aplikace.

Chemické zkoušky ukazují, do jaké míry je síťka zbavená veškerých nečistot, zda splňuje podmínky stanovené dle normy [25], a zda je tedy možné použít ji jako implantát.

V současnosti se již na českém i zahraničním trhu vyskytují různé typy polypropylenových chirurgických sítěk. Výzkumný tým VÚP a.s. dostal za úkol zmapovat trh, zvážit možnost výroby sítěk a následného rozšíření stávajícího sortimentu o monofilní polypropylenové chirurgické síťky.

Při sledování nabídek současných výrobců chirurgických polypropylenových sítěk nás zaujala firma, která vyrábí a dodává vedle vláknenného materiálu rovněž polotovar monofilní chirurgické síťky zhotovený v podmínkách správné výrobní praxe. Vzhledem k technologické obtížnosti pletení monofilní síťky a její následné fixace (pro kterou nemá VÚP a.s. vhodné úpravárenské zařízení) zvolila firma nákup polotovarů sítěk ve formě fixovaných přířezů, balených ve dvojitých obalech pro následné zpracování v čistých prostorách od tohoto externího dodavatele. Tyto polotovary byly použity pro experiment úpravy.

Pro pletařské zpracování vláken do podoby síťky je nutná jejich impregnace tuhým nebo tekutým parafinem, minerálními oleji a dalšími látkami jejichž použitím se dosahuje nižšího součinitele tření a rizika mechanického poškození vláken při pletení síťky [6].

Díky těmto povrchovým úpravám vláken se z pohledu nečistot stávají sít'ky nepoužitelné pro implantace a vyžadují předúpravu [7].

Metody (úpravy sít'ky) uvedené níže v kapitole 2.1 se využívají pro odstraňování těchto nečistot tak, aby vyhovovaly normě [24], a zkoumané konstrukční parametry, mechanické a chemické vlastnosti následně hodnotí schopnost sít'ky zachovat si svoje původní vlastnosti i po odstranění těchto látek a nečistot.

Tyto metody byly zvoleny na základě doporučení externího dodavatele pro úpravu polotovaru sít'ky, a již zavedených postupů, které se ve VÚP a.s. používají pro úpravy textilních zdravotnických materiálů. Bylo nutné brát ohled na strojní vybavení, zařízení, a také možnosti čistých výrobních prostor.

## 1.2 Průzkum trhu s chirurgickými sít'kami

Na základě provedeného průzkumu trhu jsou v tabulce 1 uvedeni výrobci chirurgických sítěk. Sít'ky jsou vyrobeny pletením, tkaním nebo netkanou technologií z polypropylenu, polyesteru, případně z biologicky vstřebatelného materiálu.

### 1.2.1 Výrobci chirurgických sítěk

Tab. 1: Výrobci chirurgických sítěk

Výrobce	Technologie výroby	Materiálové složení
COOK (Dánsko)	Netextilní implantát	Vstřebatelný materiál
HI-TEC S.A. (Francie)	Tkaná sít'ka	PP, PET
HI-TEC S.A. (Francie)	Pletená sít'ka	PP, PET
HI-TEC S.A. (Francie)	Netkaná sít'ka	PP, PET, PTFE
HI-TEC S.A. (Francie)	Netkaná sít'ka s povrchovou úpravou	PP + PUR



<b>Výrobce</b>	<b>Technologie výroby</b>	<b>Materiálové složení</b>
COUSIN BIOTECH (Francie)	Pletená síťka	PP
COUSIN BIOTECH (Francie)	Pletená síťka	Vstřebatelný materiál
COUSIN BIOTECH (Francie)	Pletená síťka	PP + Vstřebatelný materiál
COUSIN BIOTECH (Francie)	Tkaná síťka	PP
B.BRAUN (Německo)	Pletená síťka	PP
ETHICON (Velká Británie)	Pletená síťka	PP
ETHICON (Velká Británie)	Tkaná síťka	PP
ETHICON (Velká Británie)	Pletená síťka	Vstřebatelný materiál
AUTOSUTURE (USA)	Pletená síťka	PET, PP
AUTOSUTURE (USA)	Tkaná síťka	PET, PP
BARD-USCI MEDICAL (USA)	Netkaná síťka	PTFE
BARD-USCI MEDICAL (USA)	Pletená síťka	PP
MEADOX (USA)	Pletená síťka	PP
MEADOX (USA)	Pletená síťka	Vstřebatelný materiál
ORIGIN (USA)	Pletená síťka	PP
VÚP a.s. (Česká republika)	Pletená síťka	PET

V současné době je novinkou na trhu ULTRAPROT<sup>TM</sup> Hernia Systém (viz obr. 12). Jedná se o částečně vstřebatelnou odlehčenou síťku vyrobenou z materiálu s vysokou biokompatibilitou. Používá se pro vyztužení břišní stěny nebo pro řešení tříselné kýly. Síťku tvoří tvarovaný trojrozměrný systém složený z vrchní záplaty, která je speciální válcovou spojkou připojena ke spodní záplatě. Vrchní záplata kryje a chrání celé dno tříselného kanálu a spodní záplata slouží jako zadní podpora. Je opatřena filmem ze vstřebatelného materiálu MONOCRYLT<sup>TM</sup>.

Díky trvalému propojení obou záplat je prakticky vyloučena migrace implantátu. ULTRAPRO™ Hernia Systém je konstruován na principu tzv. lightweight (odlehčené) síťky. Tento jedinečný "lightweight" systém slučuje tři klíčové prvky: konstrukce z tenkých monofilamentních vláken, struktura s velkými póry a přítomnost vstřebatelné složky. Malý objem cizorodého materiálu zaručuje vynikající fyziologickou kompatibilitu s tkání. Větší póry umožňují menší kontakt tkáně s cizorodým materiálem. Díky tomu se snižuje reakce pojivové tkáně na cizorodý materiál. Odlehčená výztuž má přitom dostatečnou pevnost v průtlaku - asi čtyřikrát větší, než je maximální tlak v dutině břišní (okolo 150 mm Hg). Struktura ULTRAPRO™ síťky je tvořena z přibližně stejných dílů vstřebatelného monofilamentního vlákna polyglekapronu 25 - MONOCRYL™ a nevstřebatelného monofilamentního polypropylenového vlákna - PROLENET™. Vstřebatelná část síťky pomáhá udržet strukturu a usnadňuje preoperační manipulaci a uložení síťky do správné polohy. Plošná hmotnost nevstřebatelné složky síťky je pouze 28 g / m<sup>2</sup>. V těle pacienta tedy po vstřebání zůstává o 50% méně cizorodého materiálu oproti klasické polypropylenové síťce [15].

### 1.2.2 Ukázky chirurgických sítěk

#### COOK (Dánsko)

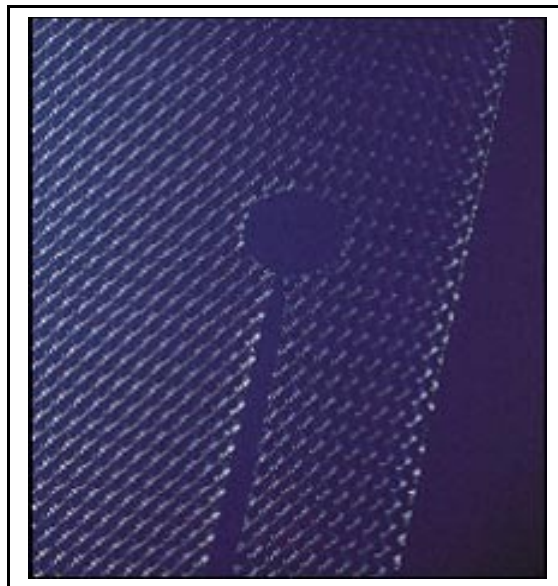


Obr. 3: biodegradabilní kýlní implantát

## **ETHICON (Velká Británie)**



Obr. 4: PP síťka pletená

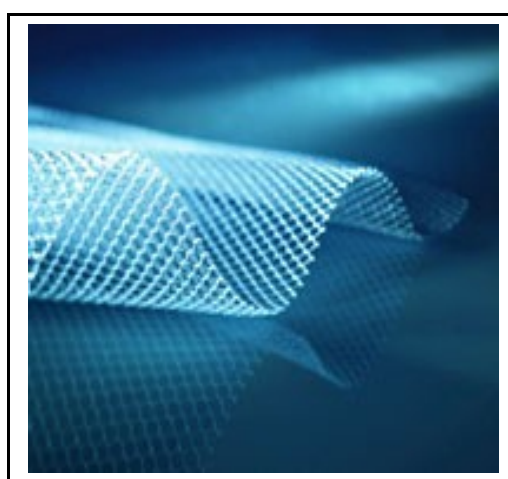


Obr. 5: PP síťka tkaná, tvarovaná

## **B.BRAUN (Německo)**

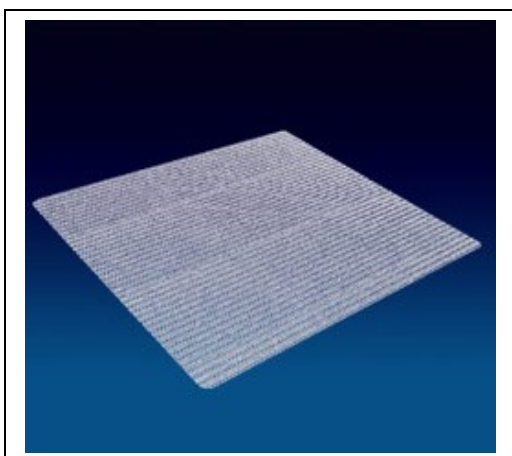


Obr. 6: PP síťka pletená

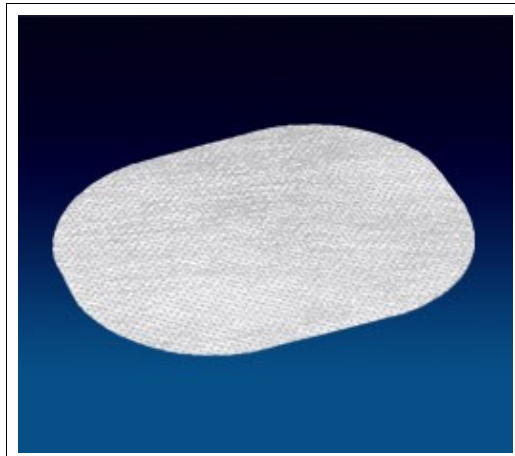


Obr. 7: PP síťka pletená

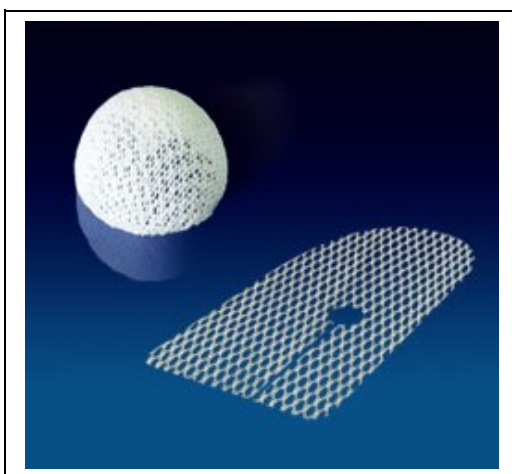
## COUSIN BIOTECH (Francie)



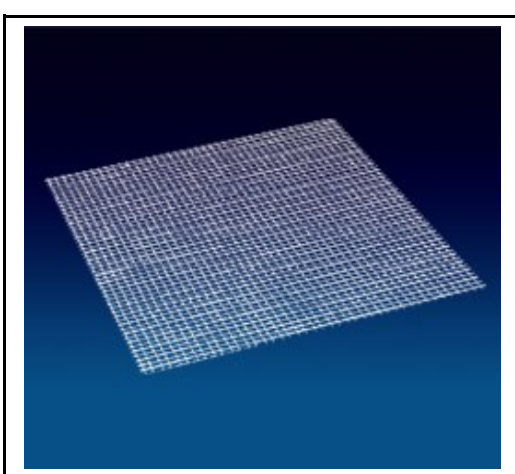
Obr. 8: PP síťka pletená



Obr. 9: PP síťka netkaná



Obr. 10: PP síťka pletená, tvarovaná



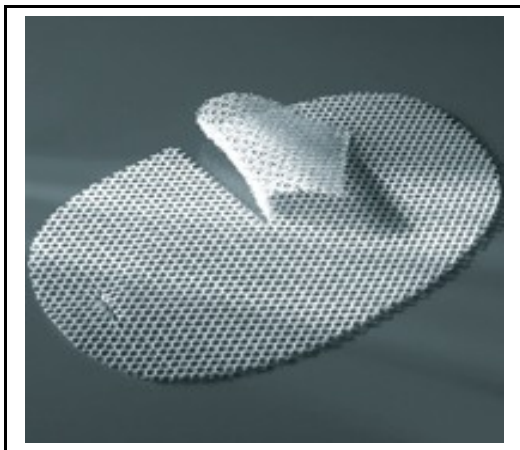
Obr. 11: PET síťka tkaná



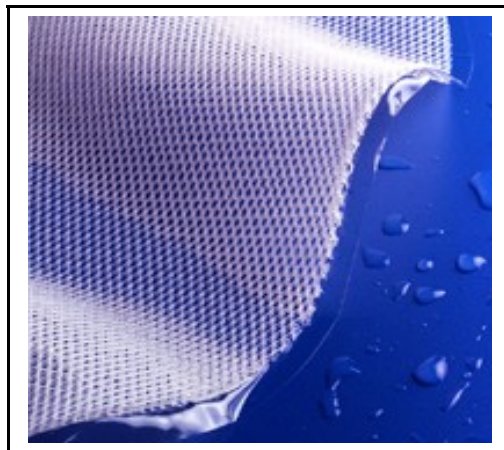
Obr. 12: pletená síťka, kombinace PP a vstřebatelného materiálu



## **AUTOSUTURE (USA)**

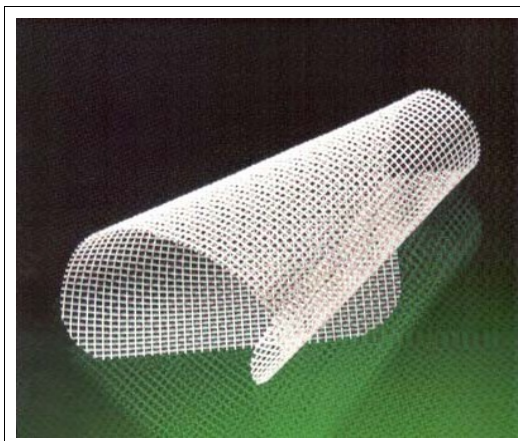


Obr. 13: PP síťka tkaná



Obr. 14: PET síťka pletená

## **HI-TEC S.A. (Francie)**

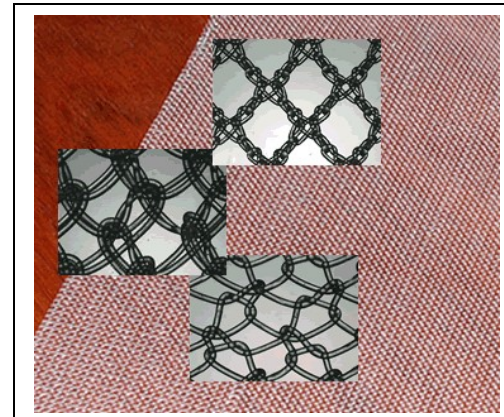
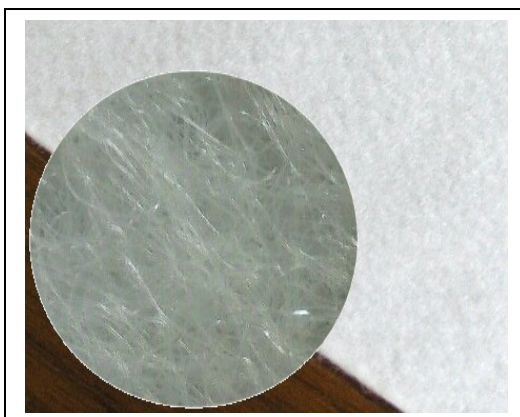


Obr. 15: PP síťka tkaná



Obr. 16: PTFE síťka

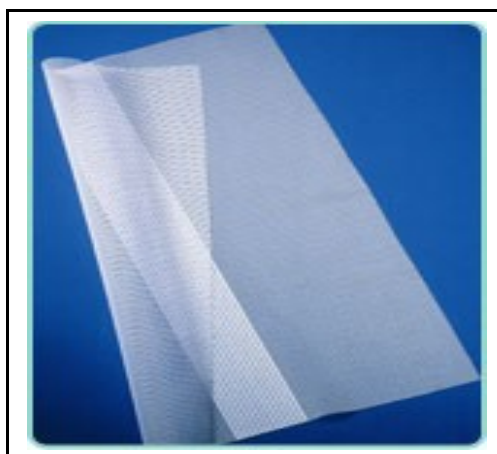
## **BARD-USCI MEDICAL (USA)**



Obr. 17: PP síťka netkaná  
**VÚP a.s. (Česká republika)**



Obr.18: PP síťka pletená



Obr. 19: PET síťka pletená

Obr. 20: PET síťka pletená se zesíleným  
pruhem

## 2. Experimentální část

V této kapitole jsou popsány jednotlivé postupy pro úpravu chirurgické síťky. U takto upravených vzorků síťky jsou měřeny a vyhodnoceny její konstrukční parametry a mechanické vlastnosti, na jejichž základě byl proveden výběr nejvhodnějšího typu úpravy, a provedeno hodnocení dalších vlastností síťky.

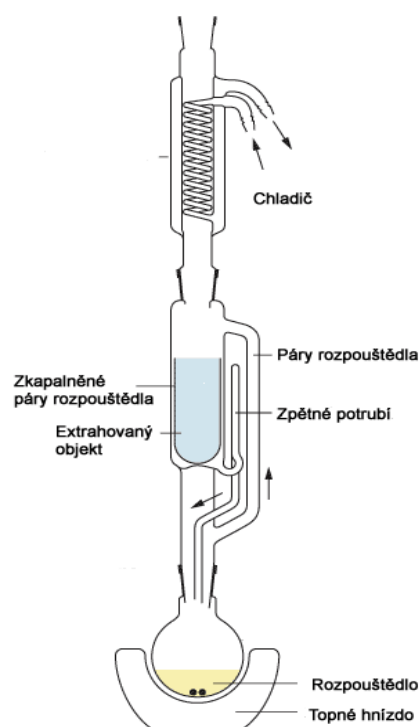
### 2.1 Metody úpravy síťky

#### 2.1.1 Úprava č. 1: Praní a vyvážka

*Postup úpravy:* 10 vzorků síťky o hmotnosti 20 g bylo vloženo do nerezového hrnce, kde probíhalo praní za varu v prací lázni o objemu 400 ml s přídavkem pracího prášku o hmotnosti 1,6 g a sody o hmotnosti 1,2 g. Po ukončení praní byl proveden oplach v destilované vodě. Vymáchané vzorky byly dále vyvářeny za účelem odstranění zbytků pracího prostředku. Poté byly vzorky volně sušeny.

#### 2.1.2 Úprava č. 2: Extrakce v chloroformu

*Postup úpravy:* 10 vzorků síťky o hmotnosti 20 g bylo vloženo do Soxhletova extraktoru a přelito chloroformem v množství 1,5 x větším, než je objem extrakčního prostoru. Extrahovány cca. 60 minut, tj.  $10 \pm 2$  přetoků za varu chloroformu ( $59^{\circ}\text{C}$  až  $62^{\circ}\text{C}$ ). Po extrakci byly vzorky síťky vyjmuty a volně sušeny a odvětrávány.



Obr. 21: Soxhletův extraktor

### **2.1.3 Úprava č. 3: Ultrazvukové čištění v destilované vodě**

*Postup úpravy:* Pro tuto úpravu byla zvolena laboratorní ultrazvuková čistička, typ BRANSONIC 42 s frekvencí 40 kHz. Vzorky síťky byly vloženy do ultrazvukové vany s destilovanou vodou. Čištění probíhalo po dobu 15 minut v celkovém objemu lázně 2 litry a počtu 10 vzorků o hmotnosti 20 gramů. Po ukončení čistícího procesu byly vzorky vyjmuty z lázně a volně sušeny.

### **2.1.4 Úprava č. 4: Ultrazvukové čištění v isopropylalkoholu**

*Postup úpravy:* Vzorky síťky byly vloženy do ultrazvukové vany (viz. úprava č. 3) se 70% roztokem isopropylalkoholu. Čištění probíhalo po dobu 15 minut v celkovém objemu lázně 2 litry a počtu 10 vzorků o hmotnosti 20 gramů. Po ukončení čistícího procesu byly vzorky vyjmuty z lázně a volně sušeny a odvětrávány v digestoři.

Úpravy č. 1 a 2 se běžně používají při čištění zdravotnických prostředků vyráběných ve VÚP a.s. Cílem těchto úprav je odstranění nečistot z povrchu vláken, k jejichž znečištění dochází při samotném procesu výroby, při pletení a manipulaci s hotovými polotovary zdravotnických prostředků. Pracovníci VÚP a.s. mají již z dlouhodobých výsledků jednotlivých měření vysledovanou účinnost těchto úprav, proto jsme se rozhodli je použít pro náš experiment.

Úprava č. 4 byla prováděna na základě doporučení dodavatele polotovaru síťky. Ten uváděl způsob čištění síťky pomocí ultrazvuku za použití 70% roztoku isopropylalkoholu. Tato úprava zatím nebyla nikdy ve VÚP a.s. prováděna, a v případě prokázání její účinnosti by se jednalo o významnou změnu technologického postupu při úpravě zdravotnických prostředků ve VÚP a.s.

Úprava č. 3 byla zkoušena z důvodů možnosti odbourání působení organického rozpouštědla na zdravotnický prostředek. Pro tento experiment byla použita pouze destilovaná voda. Vycházeli jsme již ze samotných vlastností ultrazvukového čištění, kde literatura uvádí výborné výsledky odstraňování nečistot samotným působením ultrazvukového vlnění.



Ultrazvuk je akustické vlnění o kmitočtu vyšším než 20 kHz. Pro čištění je nejrozšířenější používání kmitočtů v rozmezí 20 - 100 kHz. Dostatečnou intenzitou ultrazvuku se vyvolává při průchodu kapalinou jev zvaný kavitace. Ta se projevuje intenzívním kmitáním částecek kapaliny a vznikem miniaturních bublinek. V jejich nejbližším okolí dochází k prudkému nárůstu teploty a tlaku. Tyto jevy velice agresivně narušují mechanickou vazbu nečistot na povrchu čištěného předmětu a ve spojení s vhodným čistícím médiem dochází k jejich odplavování. Čištění pomocí ultrazvuku má celou řadu výhod. Zejména je to rychlost čistícího procesu, neboť potřebná doba se zkracuje na jednotky, maximálně desítky minut. Kvalita čištění je při správně zvoleném čistícím médiu vynikající [14].

Po provedení výše uvedených úprav byly u sítěk hodnoceny následující konstrukční a mechanické parametry:

- Tloušťka
- Plošná hmotnost
- Rozměrové změny
- Pevnost v průtlaku sondou
- Tažnost v průtlaku sondou

Naměřené hodnoty konstrukčních parametrů a mechanických vlastností i s výpočty statistických údajů jsou uvedeny v tabulkách v příloze č.1, v příloze č. 2 jsou výsledky chemických zkoušek. Veškeré výpočty jsou provedeny dle Hornova postupu založeného na pořádkových statistikách. Tento postup byl zvolen vzhledem k malému počtu měření, jedná se o malý výběr ( $4 \leq N \leq 20$ ).

Analýza malých výběrů je vždy nepřesná a závěry jsou vždy zatíženy značnou mírou nejistoty. Malých rozsahů výběrů by se mělo používat jen tam, kde není z experimentálních důvodů možné zvýšit počet měření [12]. Pro ( $4 \leq N \leq 20$ ) je výpočet proved následujícím postupem:

<b><math>K_{0,975}</math> (15)</b>	$K_{0,975} = 0,466$	
<b><math>K_{0,975}</math> (12)</b>	$K_{0,975} = 0,483$	
<b>Hloubka pivotu:</b>	$H = [\text{int}((N + 1) / 2)] / 2$	(1)
<b>Hloubka pivotu:</b>	$H = [\text{int}((N + 1) / 2) + 1] / 2$	(2)
<b>Dolní pivot:</b>	$x_D = x_{(H)}$	(3)
<b>Horní pivot:</b>	$x_U = x_{(N+1-H)}$	(4)
<b>Pivotová polosuma:</b>	$P_L = (x_D + x_H) / 2$	(5)
<b>Pivotové rozpětí:</b>	$R_L = x_H - x_D$	(6)
<b>Interval spolehlivosti:</b>	$IS = P_L \pm [K_{1-(\alpha/2)}(N) * R_L]$	(7)

Nízký počet měřených vzorků byl způsoben omezeným množstvím polotovaru síťky, vzhledem k její vysoké ceně a obtížné dostupnosti. Jak již bylo uvedeno výše, firma VÚP a.s. zakoupila tyto vzorky od externího dodavatele. Množství vzorků bylo rozděleno tak, aby bylo možné provést veškeré experimenty související s úpravou síťky, s hodnocením konstrukčních parametrů, mechanických a chemických vlastností.

Dále bude síťka hodnocena z pohledu biologických a mikrobiologických vlastností, a v neposlední řadě bude proveden experiment sterilizace síťky. To však již není předmětem této diplomové práce, ale práce výzkumných pracovníků ve VÚP a.s.

## 2.2 Konstrukční parametry

### 2.2.1 Tloušťka

#### *Princip metody*

Tloušťka je kolmá vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, přičemž se na zkoušený vzorek působí stanoveným přítlakem.

#### *Postup zkoušky*

Měření tloušťky textilie bylo provedeno dle normy [23]. Zjišťování tloušťky vzorku síťky bylo provedeno na přístroji UNI-THICKNESS-METER s kruhovou měřicí i nosnou destičkou o ploše 25 cm<sup>2</sup> a přítlaku 1 kPa. Velikost

vzorků pro měření tloušťky je 10 x 10 (cm). Tloušťka vzorku sítky je vyjádřena v milimetrech.

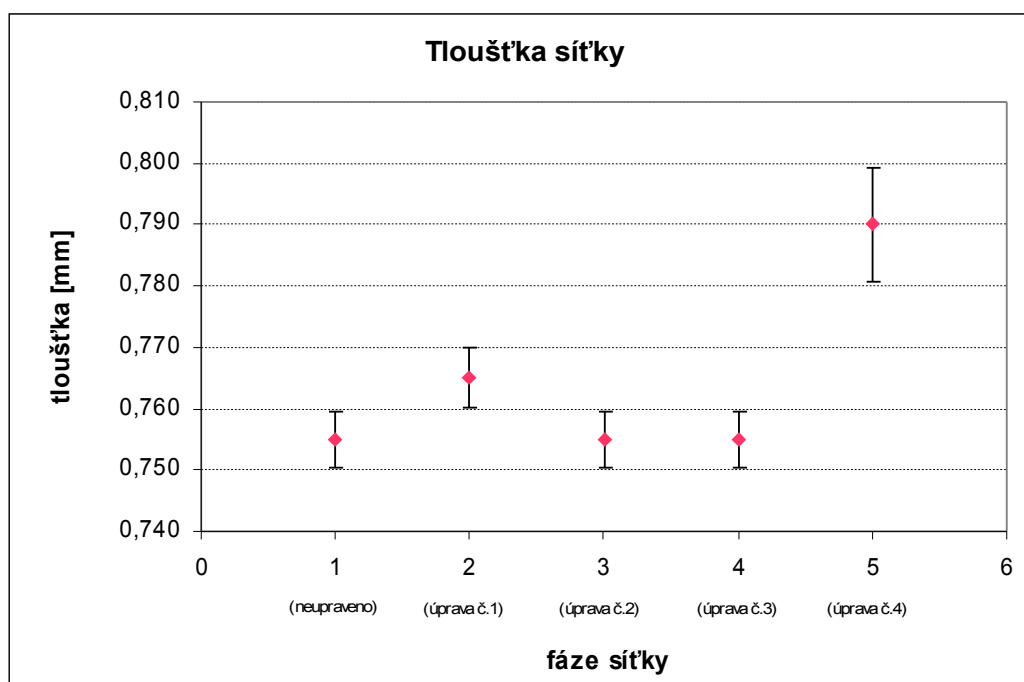
Požadavkem je co nejmenší tloušťka sítky.

### Výsledky

Tab. 1: Tloušťka sítky v závislosti na úpravě

úprava sítky	mm (n=15)
1 (neupraveno)	$0,755 \pm 0,005$
2 (úprava č. 1)	$0,765 \pm 0,005$
3 (úprava č. 2)	$0,755 \pm 0,005$
4 (úprava č. 3)	$0,755 \pm 0,005$
5 (úprava č. 4)	$0,790 \pm 0,009$

Obr. 22: Tloušťka sítky v závislosti na úpravě



Vzhledem k požadavkům co nejmenší tloušťky bylo nejlepších výsledků dosaženo po úpravách č. 1, 2 a 3. Po provedení úpravy č. 4 došlo k mírnému nárůstu tloušťky zhruba o 0,035 mm.

### 2.2.2 Plošná hmotnost

#### *Princip metody*

Plošná hmotnost je podílem hmotnosti textilie a její plochy a je vyjádřena v g / m<sup>2</sup>.

$$PM = (M / W * L) * 10^4 \text{ [g / m}^2\text{]} \quad (8)$$

*PM – plošná hmotnost (g / m<sup>2</sup>), M – hmotnost vzorku (g), W – šířka vzorku (cm), L – délka vzorku (cm)*

#### *Postup zkoušky*

Stanovení plošné hmotnosti se provádí dle normy [22]. Pro zjištění plošné hmotnosti síťky byly připraveny vzorky o velikosti 10 x 10 (cm). Tyto vzorky byly zváženy na laboratorních vahách METTLER, typ 200. Následně byla vypočítána plošná hmotnost.

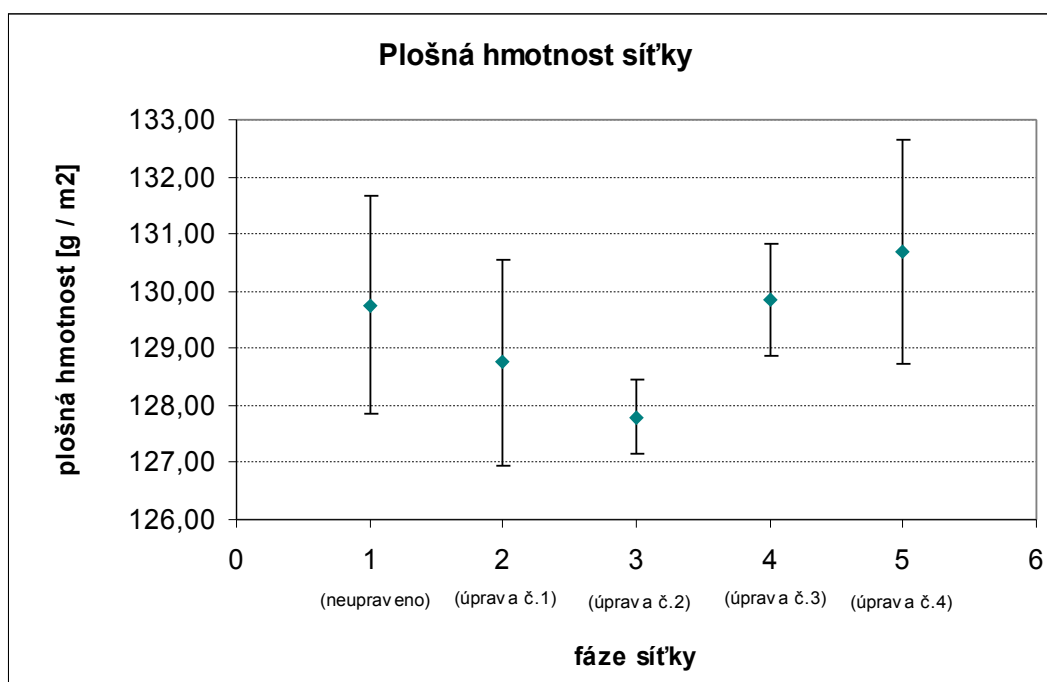
Požadavkem je co nejmenší plošná hmotnost síťky.

#### *Výsledky*

Tab. 2: Plošná hmotnost síťky v závislosti na úpravě

úprava síťky		g/m <sup>2</sup> (n=15)
1	(neupraveno)	129,750 ± 1,911
2	(úprava č. 1)	128,750 ± 1,817
3	(úprava č. 2)	127,800 ± 0,652
4	(úprava č. 3)	129,850 ± 0,979
5	(úprava č. 4)	130,700 ± 1,957

Obr. 23: Plošná hmotnost síťky v závislosti na úpravě



Vzhledem k požadavkům co nejmenší plošné hmotnosti síťky bylo nejlepších výsledků dosaženo po úpravách č. 1 a 2. Vzhledem k neupravené síťce došlo k poklesu plošné hmotnosti. Z pohledu naměřených hodnot neupravené síťky jsou úpravy č. 3 a 4 také vyhovující, i když došlo k mírnému nárůstu plošné hmotnosti. Jednotlivé intervaly se překrývají.

### 2.2.3 Rozměrové změny

#### *Postup zkoušky*

Rozměrové změny zkoušeného vzorku byly zjišťovány po provedení dané úpravy. Před úpravou byly jednotlivé vzorky označeny a zjištěny jejich výchozí rozměry (10x10 cm). Tyto rozměry byly porovnány s hodnotami po provedené úpravě dle vzorce:

$$\Delta l_{s,r} = [(l_{1s,r} - l_{0s,r}) / l_{0s,r}] * 100 \quad [\%] \quad (9)$$

$\Delta l_{s,r}$  – rozdíl délky vzorku ve směru sloupku, řádku [%],  $l_{1s,r}$  – délka vzorku ve směru řádku, sloupku po provedené úpravě,  $l_{0s,r}$  – výchozí délka vzorku ve směru sloupku, řádku

Požadavkem jsou co nejmenší (nulové) rozměrové změny síťky.

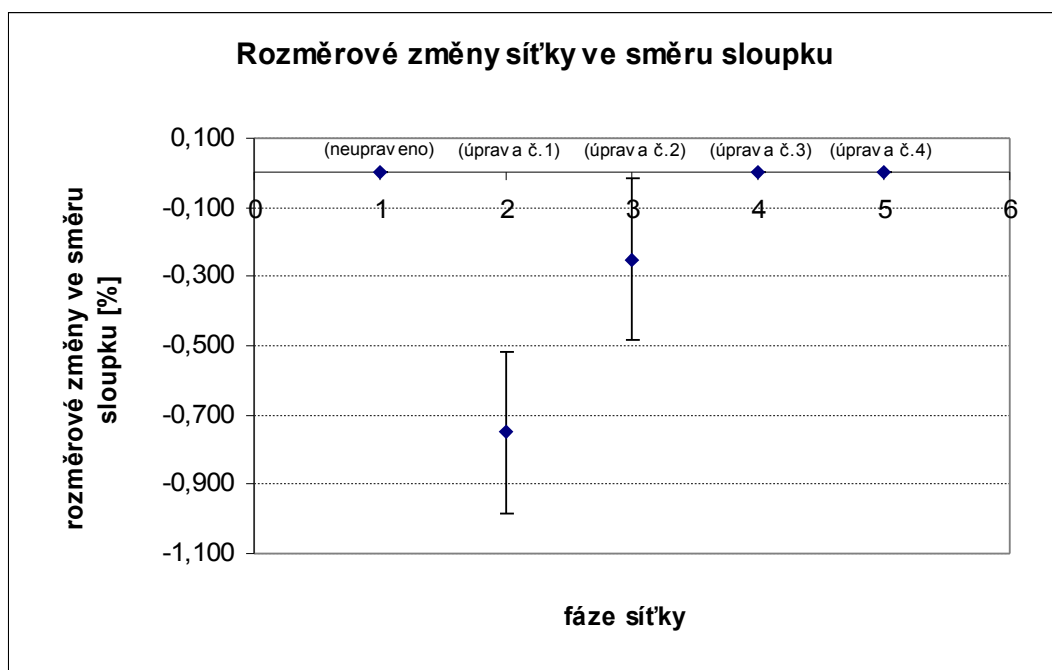
## Výsledky

### a) Rozměrové změny ve směru sloupku

Tab. 3: Rozměrové změny ve směru sloupku v závislosti na úpravě síťky

	úprava síťky	% (n=15)
1	(neupraveno)	$0,000 \pm 0,000$
2	(úprava č. 1)	$-0,750 \pm 0,233$
3	(úprava č. 2)	$-0,250 \pm 0,233$
4	(úprava č. 3)	$0,000 \pm 0,000$
5	(úprava č. 4)	$0,000 \pm 0,000$

Obr. 24: Rozměrové změny ve směru sloupku v závislosti na úpravě síťky



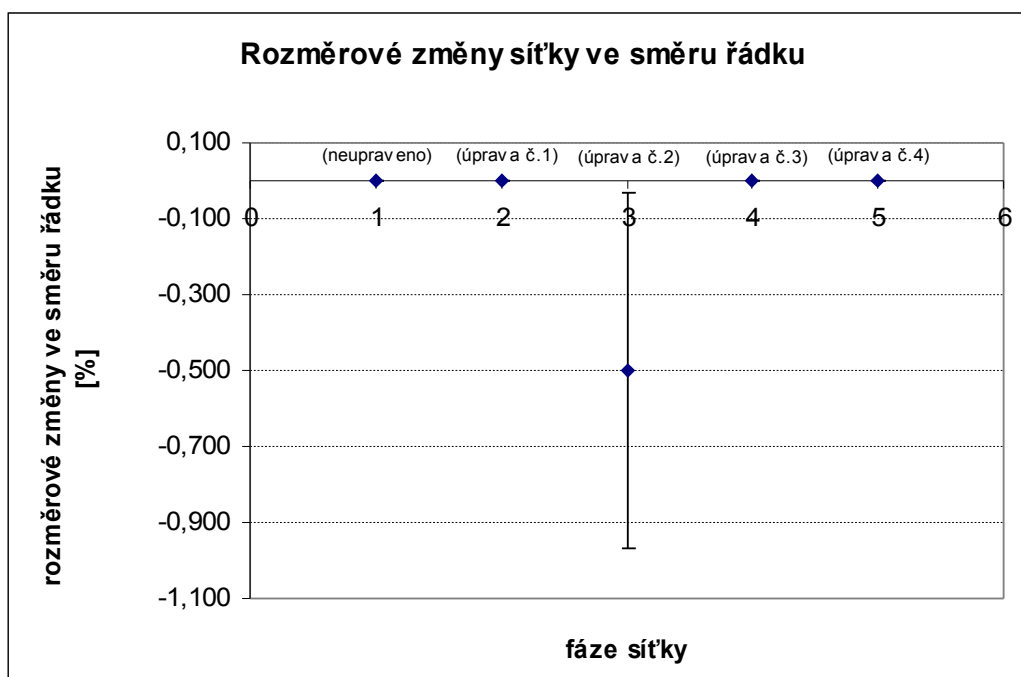
Podle naměřených hodnot rozměrových změn síťky ve směru sloupku po jednotlivých úpravách se jako nejvhodnější nabízí úpravy č. 3 a 4, vzorky byly rozměrově stabilní. Horší výsledky vykazují vzorky změřené po úpravě č. 1 a 2, došlo k jejich vysrážení.

b) Rozměrové změny ve směru řádku

Tab. 4: Rozměrové změny ve směru řádku v závislosti na úpravě síťky

úprava síťky	% (n=15)
1 (neupraveno)	0,000 ± 0,000
2 (úprava č. 1)	0,000 ± 0,000
3 (úprava č. 2)	-0,500 ± 0,466
4 (úprava č. 3)	0,000 ± 0,000
5 (úprava č. 4)	0,000 ± 0,000

Obr. 25: Rozměrové změny ve směru řádku v závislosti na úpravě síťky



Podle naměřených hodnot rozměrových změn síťky ve směru řádku po jednotlivých úpravách se jako nejvhodnější nabízí úpravy č. 1, 3 a 4, tyto vzorky byly rozměrově stabilní. Horší výsledky vykazují vzorky změřené po úpravě č. 2, došlo k jejich vysrážení.

Z celkového pohledu rozměrových změn vzorků síťky po jednotlivých úpravách jsou nejlepší úpravy č. 3 a 4. Tyto vzorky byly rozměrově stabilní jak ve směru řádku, tak i ve směru sloupku.

## 2.3 Mechanické vlastnosti

### 2.3.1 Pevnost a tažnost v průtlaku sondou

#### *Princip metody*

Průtlak sondou (kuličkou) simuluje mezní odolnost plošné textilie proti protržení. Přičemž tažnost definujeme jako prodloužení zkušebního vzorku k jeho výchozí délce v procentech a pevnost jako sílu v Newtonech potřebnou k protlačení kuličky vzorkem textilie.

#### *Postup zkoušky*

Stanovení pevnosti a tažnosti v průtlaku sondou se provádí dle normy [21]. Zkouška pevnosti a tažnosti byla prováděna na přístroji Dynamometr INSTRON 4301, který je propojen s počítačem, a veškerá měření se provádí a zaznamenávají pomocí softwaru Bluehill. Pro zkoušku byly připraveny vzorky o průměru 5 cm a vodorovně vloženy do upínacího zařízení. Na takto připravené vzorky působí ve směru kolmém na vzorek sonda (kulička) o průměru 15 mm rychlostí 50 mm / min. Naměřené hodnoty pevnosti a tažnosti byly zaznamenány do tabulky.

Požadavek je, aby pevnost byla co nejvyšší a tažnost co nejnižší.

#### *Výsledky*

##### a) Tažnost síťky v průtlaku sondou

Tab. 5: Tažnost síťky v průtlaku sondou v závislosti na úpravě síťky

úprava síťky	% (n=15)
1 (neupraveno)	8,145 ± 0,098
2 (úprava č. 1)	11,980 ± 0,289
3 (úprava č. 2)	11,835 ± 0,182
4 (úprava č. 3)	11,975 ± 0,322
5 (úprava č. 4)	12,095 ± 0,275



Obr. 26: Tažnost síťky v průtlaku sondou v závislosti na úpravě síťky



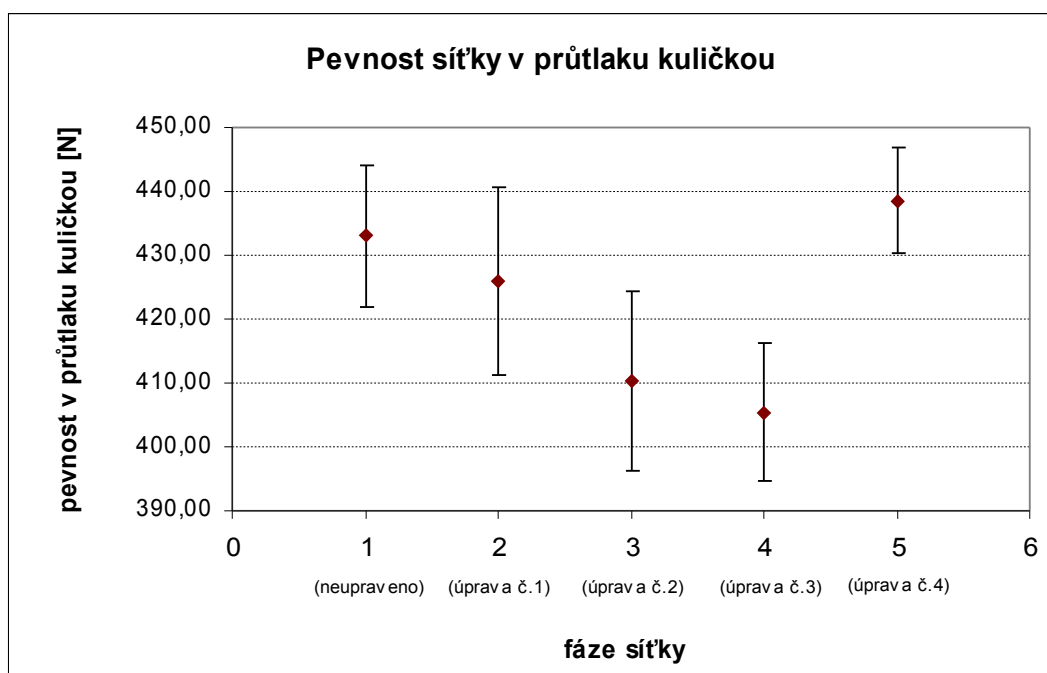
Provedením jednotlivých úprav došlo ke zvýšení tažnosti u všech vzorků zhruba o 2 %. Z tohoto pohledu je možné hodnotit všechny typy úprav jako vyhovující.

#### b) Pevnost síťky v průtlaku sondou

Tab. 6: Pevnost síťky v průtlaku sondou v závislosti na úpravě síťky

úprava síťky	N (n=15)
1 (neupraveno)	433,080 ± 11,137
2 (úprava č. 1)	425,840 ± 14,698
3 (úprava č. 2)	410,270 ± 14,073
4 (úprava č. 3)	405,435 ± 10,695
5 (úprava č. 4)	438,520 ± 8,258

Obr. 27: Pevnost síťky v průtlaku sondou v závislosti na úpravě síťky



Úpravou č. 4 nedošlo ke snížení pevnosti vzorků síťky, tak jako u ostatních úprav, č. 1, 2 a 3. Vzhledem k požadavku co nejvyšší pevnosti je úprava č. 4 nejlepší.

Celkově je tedy možné hodnotit úpravu č. 4 jako nejlepší, protože naměřené hodnoty pevnosti i tažnosti splňují základní předpoklady.

*Primární data k části 2.2, 2.3 jsou uvedena v příloze č. 1.*

## **2.4 Zhodnocení konstrukčních parametrů a mechanických vlastností síťky po jednotlivých úpravách, výběr nejvhodnějšího typu úpravy a postup dalšího hodnocení polypropylenové síťky**

Vzhledem k naměřeným výsledkům jednotlivých vlastností vzorků síťky po jednotlivých úpravách (tab. 9) je zřejmé, že všechny čtyři použité metody jsou vhodné pro finální úpravu síťky a jejich použitím se výrazným způsobem nemění původní vlastnosti síťky. Naměřené rozdíly jsou většinou velmi nízké a statisticky nevýznamné.

První dva parametry, plošná hmotnost a tloušťka, se sice mění v závislosti na úpravě, ale vzhledem k neschopnosti polypropylenu bobtnat [8] se bude pravděpodobně jednat pouze o zbytky rozpouštědel sorbovaných na povrchu vláken nebo o změnu v rámci chyby přístroje.

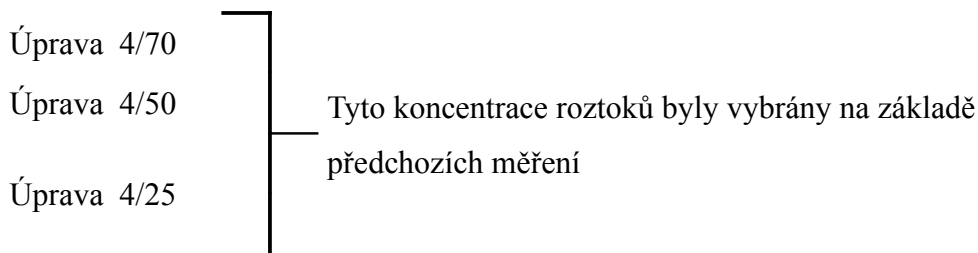
Výrazné rozměrové změny se projevíly pouze u úprav č. 1 a 2. U velikosti použitého vzorku tyto změny reprezentují 0,75; 0,5 respektive 0,25mm, tyto změny jsou vzhledem k velikosti zkoušeného vzorku velmi malé a je možné je tedy jako velikostní změnu zanedbat.

Z pohledu funkčnosti polypropylenové síťky v organismu jsou nejdůležitějšími parametry pevnost a tažnost. Jejich vzájemný poměr nepřímo charakterizuje tvarovou stálost síťky po jednotlivých úpravách. Ukazuje tedy na schopnost síťky udržet si tvar v místě, po laparoskopické aplikaci. Čím vyšší je tento poměr, tím se dá hovořit o vyšší tvarové stálosti. Toto potvrzuje i tabulkové srovnání (tab. 9) s polyesterovou síťkou CHS 100, běžně užívanou pro „klasické“ operace kýl, která je díky své nízké tvarové paměti pro laparoskopii nepoužitelná.

Po porovnání naměřených hodnot na základě konstrukčních parametrů a mechanických zkoušek lze konstatovat, že úprava č. 4 se jeví jako nejvhodnější a tudíž vzorky upravené lázní s isopropylalkoholem jsme podrobili chemickým zkouškám. Protože experimenty jsou vedeny tak, že klademe důraz na ekonomické i ekologické zatížení výroby, snažili jsme se vybrat koncentraci lázně tak, abychom vyhověli i těmto požadavkům. Optimalizovali jsme koncentrační poměr, měřili jsme absorbanci v (70, 60, 50, 40, 25 a 15)% lázních, do diplomové práce jsem vybrala naměřené hodnoty absorbancí, které se významně liší.

Hodnocení bude tedy věnováno stanovení chemických nečistot ve vodném výluhu z polypropylenové síťky po úpravě č. 4 - Ultrazvukové čištění v isopropylalkoholu, a nalezení nejvhodnější koncentrace isopropylalkoholu pro tuto úpravu z důvodů nižší zátěže na síťku.

Úprava č. 4 dle kapitoly 3.1.4 – sledování vlivu koncentrace isopropylalkoholu na chemické vlastnosti síťky.



Na základě zmíněných úprav jsme hodnotili následující chemické vlastnosti:

- Stanovení absorbance
- Potenciometrické stanovení pH
- Organoleptické zkoušky
- Obsah těžkých kovů (olovo)

Po orientačních měřeních těchto vlastností jsme dospěli k závěru, že jediný parametr, který se liší a prokazuje organické znečištění je absorbance. Proto jsme se na měření absorbance zaměřili, čímž jsme dokázali čistotu síťky po úpravě vzhledem k závislosti množství organických znečištěnin na hodnotě naměřené absorbance.

U ostatních vlastností (pH, organoleptické zkoušky, zkoušky na obsah těžkých kovů) nedošlo k žádným významným odchylkám které by naznačovali přítomnost nežádoucích látek na síťce.

Tato stanovení byla vybrána, protože se běžně používají ve VÚP a.s. k hodnocení chemických vlastností všech vyráběných zdravotnických prostředků, a charakterizují míru jejich znečištění. Na základě naměřených výsledků těchto vlastností jistič jakosti ve VÚP a.s. rozhoduje o tom, zda zdravotnický prostředek

splňuje stanovené požadavky a může být použit jako implantát. Takto prozkoušená výrobní šarže zdravotnického prostředku je uvolněna k prodeji.

## 2.5 Chemické vlastnosti

### 2.5.1 Příprava vodného výluhu

Chemické vlastnosti síťky se hodnotí z vodého výluhu. Připraví se dle [20]. Vzorek síťky s plochou 600 cm<sup>2</sup> se luhuje ve 100 ml apyrogenní vody při teplotě 120° C po dobu 60 minut v parním sterilizátoru LISA OPTIMA.

### 2.5.2 Stanovení absorbance

#### *Princip metody*

Absorbance (A) roztoku je definována jako dekadický logaritmus převrácené hodnoty transmitance (T) pro monochromatické záření, a je vyjádřena vzorcem:

$$A = \log_{10} (1 / T) = \log_{10} (I_0 / I) \quad [-] \quad (10)$$

$T = I/I_0$ ,  $I_0$  – intenzita dopadajícího monochromatického záření,  $I$  – intenzita prošlého monochromatického záření

Absorbance se měří při předepsané vlnové délce (220 nm až 360 nm) v 1 cm vrstvě při (20±1) °C na přístroji UV Spektrofotometr UNICAM HELIOS α. Měření se provádí proti použitému roztoku, a absorbance by neměla být vyšší než 0,4, nejlépe však menší než 0,2. Absorbance značí míru obsahu organických znečištěnin ve vodném výluhu, tedy i na chirurgické síťce.

#### *Postup zkoušky*

Toto stanovení se provádí dle Lékopisu [16]. Absorbance se stanovují z vodného výluhu zkoušeného vzorku měřením na spektrofotometru. Naměřená hodnota je zaznamenána i s absorpční křivkou (viz příloha č. 3).

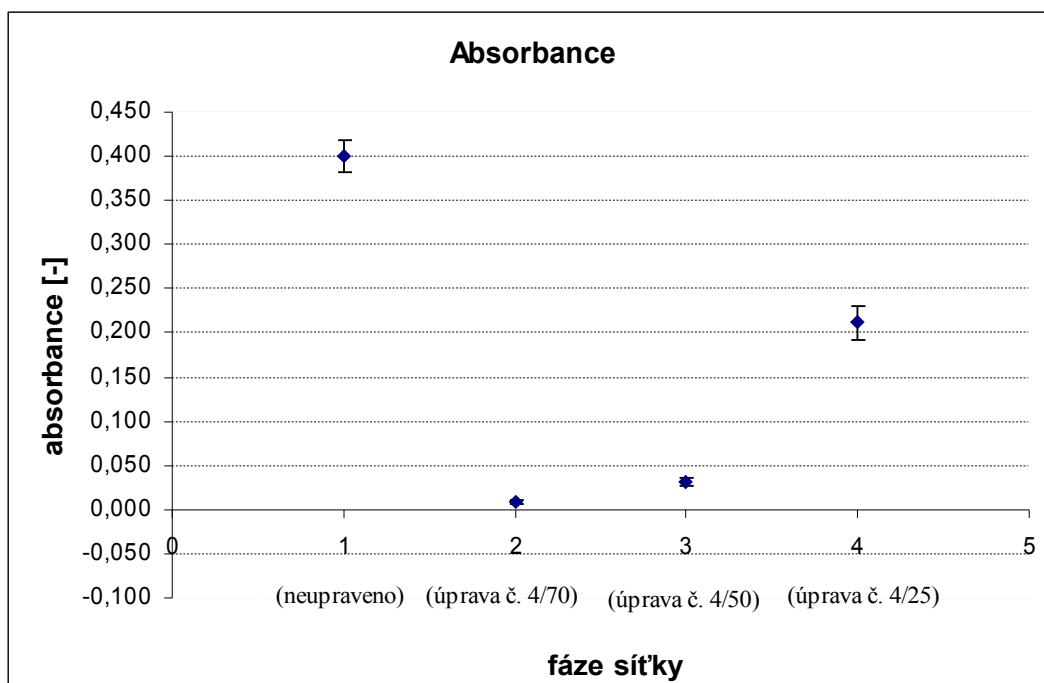
Vyšší obsah absorbance značí vyšší množství organických znečištěnin na síťce. To není pro implantát příznivé, požadavek je, aby obsah absorbance byl co nejnižší.

## Výsledky

Tab. 7: Absorbance z vodného výluhu síťky v závislosti na úpravě

úprava síťky	A (n=12)
1 (neupraveno)	$0,400 \pm 0,019$
2 (úprava č. 4/70)	$0,009 \pm 0,002$
3 (úprava č. 4/50)	$0,033 \pm 0,005$
4 (úprava č. 4/25)	$0,219 \pm 0,020$

Obr. 28: Absorbance z vodného výluhu síťky v závislosti na úpravě



Podle naměřených hodnot absorbancí vodného výluhu ze síťky u jednotlivých typů úpravy č. 4 je nejlepšího výsledku dosaženo při úpravě kde koncentrace isopropylalkoholu je 70%. Naměřené hodnoty absorbancí při koncentraci 50% roztoku jsou také vyhovující, a splňují požadavky normy. Ta uvádí hodnotu absorbance pod 0,2. Naměřené hodnoty po úpravě 25% roztokem jsou již nevyhovující.

### 2.5.3 Potenciometrické stanovení pH

#### *Princip metody*

Hodnota pH udává pomocí konvenčně stanovené logaritmické stupnice aktivitu oxonových iontů ve vodném roztoku.

#### *Postup zkoušky*

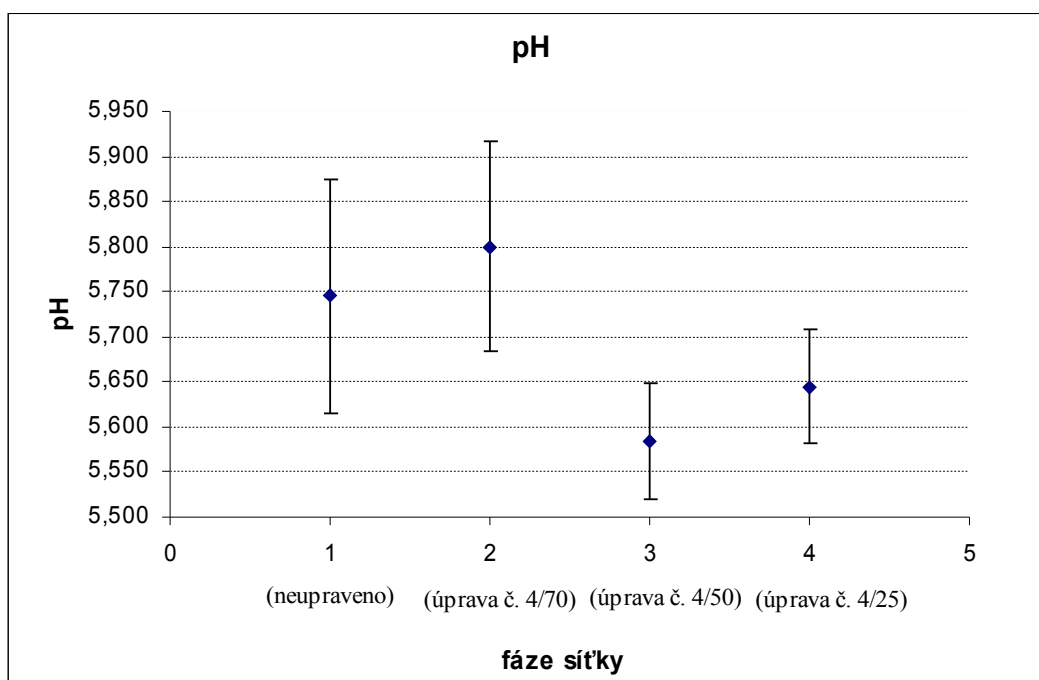
Stanovení se provádí z vodného výluhu zkoušeného vzorku dle Lékopisu [17]. Měří se za použití pH – metru WTW 526 systémem ponorných elektrod. Hodnota pH vodného výluhu ze vzorku sítě se porovná s hodnotou pH kontrolního vzorku. Rozdíl mezi zkoušeným a kontrolním vzorkem nesmí být větší než 1,00 pH.

#### *Výsledky*

Tab. 8: pH z vodného výluhu sítě v závislosti na úpravě

úprava sítě	pH (n=12)
1 (neupraveno)	5,745 ± 0,130
2 (úprava č. 4/70)	5,800 ± 0,116
3 (úprava č. 4/50)	5,585 ± 0,064
4 (úprava č. 4/25)	5,645 ± 0,063

Obr. 29: pH z vodného výluhu sítě v závislosti na úpravě



Porovnání naměřených hodnot pH kontrolního roztoku a vodného výluhu ze sítě, bylo zjištěno, že u všech typů úpravy č. 4 je tato hodnota vyhovující a nepřekračuje stanovený limit 1,00 pH. Hodnota pH výluhu je závislá na hodnotě pH apyrogenní vody ze které je vodný výluh připraven. Ta se pohybuje v rozmezí 6,5 – 6,0 (pH).

#### **2.5.4 Organoleptické zkoušky**

##### *Princip metody*

Smyslové posouzení vodného výluhu. Stanovuje se jeho čirost, barva a zápach.

##### *Postup zkoušky*

Provedení tzv. organoleptických zkoušek z vodného výluhu zkoušeného vzorku se provádí dle Lékopisu [18]. Čirý je výluh tehdy, jestliže po jeho protřepání není patrný ani sebemenší zákal. Vodný výluh je bezbarvý, jestliže není mezi ním a kontrolním vzorkem patrný rozdíl. Výluh je bez zápachu tehdy, není-li čichem vnímám žádný zápach.

##### *Výsledky*

Zkouška čirosti, barvy a zápachu vodného výluhu ze sítě byla u všech typů úpravy č. 4 vyhovující.

#### **2.5.5 Obsah těžkých kovů**

##### *Princip metody*

Stanovení obsahu těžkých kovů (olova) z vodného výluhu vzorku sítě.

##### *Postup zkoušky*

Zkouška na stanovení olova se provádí z vodného výluhu zkoušeného vzorku dle Lékopisu [19]. K limitování těžkých kovů (olova) se používá porovnávacího roztoku – sulfid sodný, který obsahuje v 1 ml 1,00 mg iontu olova.



#### *Metoda A:*

*Zkoušený roztok* - 12 ml předepsaného vodného roztoku zkoušeného vzorku látky.

*Porovnávací roztok* – směs 10 ml základního roztoku olova ( $1 \mu\text{g Pb} / \text{ml}$ ) nebo základního roztoku olova ( $2 \mu\text{g Pb} / \text{ml}$ ), jak je předepsáno, a 2 ml předepsaného vodného roztoku zkoušené látky.

*Kontrolní roztok* – směs 10 ml vody předepsaného vodného roztoku zkoušené látky.

Ke každému roztoku se přidají 2 ml tlumivého roztoku o pH 3,5. Promíchá se, a přidá 1,2 ml zkoumadla sulfidu sodného a opět promíchá. Roztoky se hodnotí po 2 min. Zkoušku nelze hodnotit, jestliže porovnávací roztok nevykazuje slabě hnědé zabarvení ve srovnání s kontrolním roztokem. Zkoušená látka vyhovuje zkoušce, jestliže případné hnědé zabarvení zkoušeného roztoku není intenzivnější než zabarvení porovnávacího roztoku.

Zvýšené množství těžkých kovů může způsobovat zánětlivost, ukládání cholesterolu, bakteriální a virovou infekci.

#### *Výsledky*

Zkouška na obsah těžkých kovů vodného výluhu ze síťky byla u všech typů úpravy č. 4 vyhovující.

*Primární data k části 2.5 jsou uvedena v příloze č. 2.*

### 3. Závěr a doporučení

V následující tabulce je soubor naměřených veličin, které jsme získali různými měřeními po úpravě síťky.

Tab. 9: Konstrukční parametry a mechanické vlastnosti po jednotlivých úpravách

		<b>Původní vzorek</b> (před úpravou)	<b>CHS 100</b> (referenční vzorek)	<b>Úprava č. 1</b>
<b>Hodnocený parametr</b>				
<b>Tloušťka [mm]</b>		<b>0,755</b> <0,750; 0,760>	<b>0,402</b> <0,384; 0,420>	<b>0,765</b> <0,760; 0,770>
<b>Plošná hmotnost [g / m<sup>2</sup>]</b>		<b>129,750</b> <127,839; 131,661>	<b>84,240</b> <79,400; 89,080>	<b>128,750</b> <126,933; 130,567>
<b>Rozměrové změny [%]</b>	<b>sloupek</b>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>	<b>-6,710</b> <-3,605; -9,815>	<b>-0,750</b> <-0,517; -0,983>
	<b>řádek</b>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>	<b>-9,550</b> <-5,560; -13,540>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>
<b>Pevnost v průtlaku kuličkou [N]</b>		<b>433,080</b> <421,943; 444,217>	<b>222,029</b> <192,110; 251,948>	<b>425,840</b> <411,142; 440,538>
<b>Tažnost v průtlaku kuličkou [%]</b>		<b>8,145</b> <8,047; 8,243>	<b>8,920</b> <6,680; 11,160>	<b>11,980</b> <11,691; 12,269>
		<b>Úprava č. 2</b>	<b>Úprava č. 3</b>	<b>Úprava č. 4</b>
<b>Hodnocený parametr</b>				
<b>Tloušťka [mm]</b>		<b>0,760</b> <0,755; 0,765>	<b>0,755</b> <0,750; 0,760>	<b>0,790</b> <0,781; 0,799>
<b>Plošná hmotnost [g / m<sup>2</sup>]</b>		<b>127,800</b> <127,148; 128,452>	<b>129,850</b> <128,871; 130,829>	<b>130,700</b> <128,743; 132,657>
<b>Rozměrové změny [%]</b>	<b>sloupek</b>	<b>-0,250</b> <-0,017; -0,483>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>
	<b>řádek</b>	<b>-0,500</b> <-0,034; -0,966>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>	<b>0,000</b> <0,000; 0,000>
<b>Pevnost v průtlaku kuličkou [N]</b>		<b>410,270</b> <396,197; 424,343>	<b>405,435</b> <394,740; 416,130>	<b>438,520</b> <430,262; 446,778>
<b>Tažnost v průtlaku kuličkou [%]</b>		<b>11,835</b> <11,653; 12,017>	<b>11,975</b> <11,653; 12,297>	<b>12,095</b> <11,820; 12,370>

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.4, jsou všechny typy úprav z hlediska konstrukčních parametrů a mechanických vlastností vyhovující. Na základě porovnání naměřených hodnot je úprava č. 4 – Ultrazvukové čištění v isopropylalkoholu vyhodnocena jako nejlepší a vybrána pro další hodnocení.

V tab. 10 je soubor naměřených veličin chemických vlastností, které jsme získali měřeními po úpravě síťky č. 4 o různé koncentraci isopropylalkoholu.

Tab. 10: Chemické vlastnosti vodného výluhu ze síťky po úpravách

	<b>Původní vzorek</b> (před úpravou)	<b>CHS 100</b> (referenční vzorek)	
<b>Hodnocený parametr</b>			
<b>Absorbance</b>	<b>0,400</b> <0,381; 0,419>	<b>0,095</b> <0,089; 0,101>	
<b>Potenciometrické stanovení pH</b>	<b>5,745</b> <5,615; 5,875>	<b>5,689</b> <5,603; 5,775>	
<b>Organoleptické zkoušky</b>	<b>vyhovují</b>	<b>vyhovují</b>	
<b>Obsah těžkých kovů</b>	<b>vyhovuje</b>	<b>vyhovuje</b>	
	<b>Úprava č. 4/70</b>	<b>Úprava č. 4/50</b>	<b>Úprava č. 4/25</b>
<b>Hodnocený parametr</b>			
<b>Absorbance</b>	<b>0,009</b> <0,007; 0,010>	<b>0,033</b> <0,028; 0,037>	<b>0,219</b> <0,199; 0,239>
<b>Potenciometrické stanovení pH</b>	<b>5,800</b> <5,684; 5,916>	<b>5,585</b> <5,520; 5,648>	<b>5,645</b> <5,582; 5,708>
<b>Organoleptické zkoušky</b>	<b>vyhovují</b>	<b>vyhovují</b>	<b>vyhovují</b>
<b>Obsah těžkých kovů</b>	<b>vyhovuje</b>	<b>vyhovuje</b>	<b>vyhovuje</b>

Dle naměřených hodnot absorbancí vodného výluhu neupravené síťky je patrné, že síťka obsahuje organické nečistoty. Jednotlivými modifikacemi úpravy č. 4 se tato hodnota snižuje. Nejnižší hodnota absorbance je po úpravě v 70% isopropylalkoholové lázni. Naměřená hodnota absorbance po úpravě v 50% isopropylalkoholové lázni dostatečně vyhovuje předepsanému limitu, a proto i s ohledem k ekonomickým i ekologickým požadavkům byla tato úprava vybrána. Použitím 50% roztoku se také sníží zátěž tohoto rozpouštědla na samotnou síťku.

Naměřené hodnoty pH po jednotlivých typech úpravy č. 4 jsou téměř shodné. Nejsou zde znatelné větší odchylky mezi těmito typy úprav. Rozdíly naměřených hodnot pH oproti kontrolnímu roztoku jsou také vyhovující a splňují daný požadavek.

Organoleptické hodnocení, tj. hodnocení čirosti, barvy a zápachu vodného výluhu bylo u všech typů úpravy č. 4 shledáno jako vyhovující. Vodné výluhy sítěky nevykazovaly žádná zákal, barvu ani zápach.

Vodné výluhy byly podrobeny stanovení obsahu těžkých kovů. Tyto výluhy nevykazovaly žádné množství těžkých kovů, a proto byla tato stanovení shledána jako vyhovující.

Souhrnně je tedy možné hodnotit úpravu č. 4: Ultrazvukové čištění v isopropylalkoholu jako vyhovující, jak z pohledu konstrukčních parametrů (viz tab. 12, 13, 14, 15), mechanických vlastností (viz tab. 12, 13, 14, 15) i chemických vlastností (viz tab. 17, 18, 19). Naměřené hodnoty absorbancí navíc ukazují, že nejlépe vyhovující je úprava č. 4: Ultrazvukové čištění v 70% a 50% roztoku isopropylalkoholu. Z výše uvedených důvodů bude však pro finální úpravu polypropylenové chirurgické sítěky vybrána úprava, kde koncentrace isopropylalkoholu je 50%.

Na závěr je možné jednoznačně hodnotit úpravu č. 4: Ultrazvukové čištění v 50% roztoku isopropylalkoholu jako nejvhodnější. Naměřené hodnoty monofilní polypropylenové chirurgické sítěky splňují podmínky stanovené normou ČSN EN ISO 14630:2005 (85 2905) Neaktivní chirurgické implantáty – Všeobecné požadavky, a je tedy možné použít ji jako implantát.

**Cíl diplomové práce se mi podařilo splnit, byl vybrán vhodný typ úpravy polypropylenové sítěky. Výsledkem je materiál, který splňuje požadavky pro laparoskopické operace.**

## Použitá literatura:

- [1] COBB, W.S., KECHER, K.W., HENIFORD, B.T. The argument for lightweight polypropylene mesh in hernia repair. Surg. Inov., 2005, vol. 12, p. 63-69.
- [2] KLINGE, U., JUNGE, K., STUMPF, M., et. al. Functional and morphological evaluation of a low-weight, monofilament polypropylene mesh for hernia repair. Journal of biomedical materials research, 2002, vol. 63, p. 129-136.
- [3] SCHUMPELICK, V., KLINGE, U. Prosthetic implants for hernia repair. British journal of surgery, 2003, vol. 90, p. 1457-1458.
- [4] MLEZIVA, J. Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití, Praha: Sobotáles 2003, p. 47.
- [5] LIERDE, V. S. Latest medical applications of polypropylene, Medical device technology, 2004, vol. 15, p.33.
- [6] KOVÁŘ, R., Pletení, Liberec: Fakulta textilní 2001, p. 7.
- [7] KRYŠTŮFEK, J., MACHAŇOVÁ, D., ODVÁRKA, J. Zušlechťování textilií, Liberec: Fakulta textilní 2002, p. 9.
- [8] PAJGRT, O., REISTADTER, B., ŠEVČÍK, F. Polypropylénová vlákna, jejich vlastnosti, textilní zpracování a využití, Praha: SNTL 1977, p. 58.
- [9] KLINGE, U., KLOSTERHALFEN, B., CONZE, J., et. al. Modified mesh for hernia repair that is adapted to the physiology of the abdominal wall, Eur. J. Surg., 1998, vol. 164, p. 951-960.
- [10] McDERMOTT, M. K., ISAYEVA, I. S., THOMAS, T. M., et. al. Characterisation of the structure and properties of authentic and counterfeit polypropylene surgical meshes, Hernia, 2006, vol. 10, p. 131-142.
- [11] COBB, W. S., KERCHER, W. K., HENIFORD, T. B., The argumentation for lightweight polypropylene mesh in hernia repair, Surgical innovation, 2005, vol. 12, p. 63-69.
- [12] Meloun, M., Militký, J.,: Kompendium statistického zpracování dat, Academia: Praha 2002, p. 146-147
- [13] <http://www.ordinace.cz/clanek/kyla/>
- [14] <http://www.UltraSonic.cz>

- [15] Soukromé sdělení Ing. Milada Kammerayerová
- [16] Lékopis 2005, článek 2.2.2.5 – Absorpční spektrofotometrie v ultrafialové a viditelné oblasti
- [17] Lékopis 2002, článek 2.2.3 – Potenciometrické stanovení pH
- [18] Lékopis 1987 článek 4.1 – Organoleptické zkoušky
- [19] Lékopis 2005 článek 2.4.8 – Těžké kovy
- [20] ČSN EN ISO 10993-12:2002 – Biologické hodnocení zdravotnických prostředků – Část 12: Příprava vzorků a referenční materiály
- [21] ISO 7198: 1998(E) 8.3.3.2 - Stanovení pevnosti v průtlaku pomocí sondy
- [22] ČSN EN 12 127:1998 – Textilie – Plošné textilie – Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků
- [23] ČSN EN ISO 5084:1998 – Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků
- [24] ČSN EN ISO 14630:2005 (85 2905) Neaktivní chirurgické implantáty – Všeobecné požadavky
- [25] ČSN EN ISO 14630:2005 (85 2905) Neaktivní chirurgické implantáty – Všeobecné požadavky

## Příloha č. 1

Tab. 11: Síťka – naměřené konstrukční a mechanické parametry před úpravou

	Měřená vlastnost					
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g / m <sup>2</sup> ]	Rozměrové změny		Pevnost v průtlaku sondou [N]	Tažnost v průtlaku sondou [%]
			po sloupku [%]	po řádku [%]		
1	0,74	125,20	0,00	0,00	391,00	7,94
2	0,74	127,30	0,00	0,00	417,97	8,00
3	0,75	127,40	0,00	0,00	419,10	8,02
4	0,75	127,70	0,00	0,00	421,13	8,04
5	0,75	128,50	0,00	0,00	422,00	8,04
6	0,75	128,70	0,00	0,00	422,50	8,09
7	0,75	129,00	0,00	0,00	424,00	8,11
8	0,75	129,50	0,00	0,00	434,85	8,12
9	0,75	130,00	0,00	0,00	434,90	8,12
10	0,75	130,90	0,00	0,00	439,30	8,19
11	0,76	131,20	0,00	0,00	440,99	8,25
12	0,76	131,80	0,00	0,00	445,03	8,25
13	0,76	131,90	0,00	0,00	447,40	8,27
14	0,76	132,40	0,00	0,00	447,80	8,35
15	0,77	133,30	0,00	0,00	471,00	8,41
<b>K<sub>0,975</sub> (15)</b>	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
<b>H</b>	4,000	4,000	0,000	0,000	4,000	4,000
<b>x<sub>D</sub> (4)</b>	0,750	127,700	0,000	0,000	421,130	8,040
<b>x<sub>U</sub> (12)</b>	0,760	131,800	0,000	0,000	445,030	8,250
<b>P<sub>L</sub></b>	0,755	129,750	0,000	0,000	433,080	8,145
<b>R<sub>L</sub></b>	0,010	4,100	0,000	0,000	23,900	0,210
<b>IS d</b>	0,750	127,839	0,000	0,000	421,943	8,047
<b>IS u</b>	0,760	131,661	0,000	0,000	444,217	8,243

## Příloha č. 1

Tab. 12: Sít'ka: naměřené konstrukční a mechanické parametry po úpravě č. 1

Praní a vyvářka

	Měřená vlastnost					
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g / m <sup>2</sup> ]	Rozměrové změny		Pevnost v průtlaku sondou [N]	Tažnost v průtlaku sondou [%]
			po sloupku [%]	po řádku [%]		
1	0,76	124,50	-1,50	-1,00	402,15	11,20
2	0,76	126,60	-1,00	-0,50	408,86	11,21
3	0,76	126,80	-1,00	-0,50	409,26	11,37
4	0,76	126,80	-1,00	0,00	410,07	11,67
5	0,76	127,80	-1,00	0,00	419,06	11,79
6	0,76	128,20	-1,00	0,00	427,92	11,89
7	0,76	128,30	-1,00	0,00	430,99	11,89
8	0,76	128,90	-0,51	0,00	438,52	12,01
9	0,76	129,20	-0,51	0,00	438,79	12,05
10	0,77	129,70	-0,51	0,00	439,06	12,15
11	0,77	129,70	-0,50	0,00	439,19	12,25
12	0,77	130,70	-0,50	0,00	441,61	12,29
13	0,78	131,10	-0,50	0,00	445,37	12,32
14	0,78	131,70	0,00	0,50	446,04	12,39
15	0,78	132,40	0,00	0,51	450,07	12,84
<b>K<sub>0,975</sub> (15)</b>	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
<b>H</b>	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
<b>x<sub>D</sub> (4)</b>	0,760	126,800	-1,000	0,000	410,070	11,670
<b>x<sub>U</sub> (12)</b>	0,770	130,700	-0,500	0,000	441,610	12,290
<b>P<sub>L</sub></b>	0,765	128,750	-0,750	0,000	425,840	11,980
<b>R<sub>L</sub></b>	0,010	3,900	-0,500	0,000	31,540	0,620
<b>IS d</b>	0,760	126,933	-0,517	0,000	411,142	11,691
<b>IS u</b>	0,770	130,567	-0,983	0,000	440,538	12,269



## Příloha č. 1

Tab. 13: Sít'ka: naměřené konstrukční a mechanické parametry po úpravě č. 2

Extrakce v chloroformu

	Měřená vlastnost					
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g / m <sup>2</sup> ]	Rozměrové změny		Pevnost v průtlaku sondou [N]	Tažnost v průtlaku sondou [%]
			po sloupku [%]	po řádku [%]		
1	0,74	125,80	-1,00	-1,50	373,15	11,25
2	0,75	126,60	-1,00	-1,50	391,95	11,38
3	0,75	126,90	-0,50	-1,50	394,36	11,54
4	0,75	127,10	-0,50	-1,00	395,17	11,64
5	0,76	127,40	0,00	-1,00	402,82	11,77
6	0,76	127,80	0,00	-0,50	405,64	11,81
7	0,76	127,90	0,00	-0,50	406,04	11,83
8	0,76	128,10	0,00	-0,50	409,98	11,89
9	0,76	128,20	0,00	-0,50	412,88	11,96
10	0,76	128,20	0,00	0,00	420,94	12,02
11	0,76	128,20	0,00	0,00	422,42	12,03
12	0,76	128,50	0,00	0,00	425,37	12,17
13	0,76	129,20	0,00	0,00	428,19	12,18
14	0,76	129,70	0,00	0,00	431,41	12,86
15	0,77	130,50	0,00	0,00	435,70	12,89
K <sub>0,975</sub> (15)	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
H	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
x <sub>D</sub> (4)	0,750	127,100	-0,500	-1,000	395,170	11,640
x <sub>U</sub> (12)	0,760	128,500	0,000	0,000	425,370	12,030
P <sub>L</sub>	0,755	127,800	-0,250	-0,500	410,270	11,835
R <sub>L</sub>	0,010	1,400	-0,500	-1,000	30,200	0,390
IS d	0,750	127,148	-0,017	-0,034	396,197	11,653
IS u	0,760	128,452	-0,483	-0,966	424,343	12,017

## Příloha č. 1

Tab. 14: Sít'ka: naměřené konstrukční a mechanické parametry po úpravě č. 3

Ultrazvukové čištění v destilované vodě

	Měřená vlastnost					
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g / m <sup>2</sup> ]	Rozměrové změny		Pevnost v průtlaku sondou [N]	Tažnost v průtlaku sondou [%]
			po sloupku [%]	po řádku [%]		
1	0,73	126,00	-0,50	0,00	386,71	11,34
2	0,74	126,20	-0,50	0,00	392,75	11,58
3	0,75	127,40	-0,50	0,00	392,88	11,59
4	0,75	128,80	0,00	0,00	393,96	11,63
5	0,75	129,10	0,00	0,00	396,24	11,82
6	0,75	129,20	0,00	0,00	397,45	11,87
7	0,75	129,30	0,00	0,00	398,93	11,89
8	0,76	129,50	0,00	0,00	401,18	11,91
9	0,76	129,60	0,00	0,00	401,88	11,97
10	0,76	130,40	0,00	0,00	406,71	12,06
11	0,76	130,40	0,00	0,00	416,91	12,10
12	0,76	130,90	0,00	0,00	416,91	12,32
13	0,77	131,20	0,00	0,00	419,86	12,41
14	0,77	131,90	0,00	0,00	433,82	12,48
15	0,77	134,10	0,50	0,00	445,64	12,49
K <sub>0,975</sub> (15)	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
H	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
x <sub>D</sub> (4)	0,750	128,800	0,000	0,000	393,960	11,630
x <sub>U</sub> (12)	0,760	130,900	0,000	0,000	416,910	12,320
P <sub>L</sub>	0,755	129,850	0,000	0,000	405,435	11,975
R <sub>L</sub>	0,010	2,100	0,000	0,000	22,950	0,690
IS d	0,750	128,871	0,000	0,000	394,740	11,653
IS u	0,760	130,829	0,000	0,000	416,130	12,297

## Příloha č. 1

Tab. 15: Sítka: naměřené konstrukční a mechanické parametry po úpravě č. 4

Ultrazvukové čištění isopropylalkoholem

	Měřená vlastnost					
Číslo vzorku	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g / m <sup>2</sup> ]	Rozměrové změny		Pevnost v průtlaku sondou [N]	Tažnost v průtlaku sondou [%]
			po sloupku [%]	po řádku [%]		
1	0,78	126,60	-0,50	0,00	408,05	11,15
2	0,78	126,60	-0,50	0,00	409,93	11,22
3	0,78	128,30	-0,50	0,00	428,32	11,51
4	0,78	128,60	0,00	0,00	429,66	11,80
5	0,79	129,60	0,00	0,00	435,44	11,98
6	0,79	130,20	0,00	0,00	438,39	12,04
7	0,79	130,20	0,00	0,00	438,52	12,13
8	0,80	130,40	0,00	0,00	440,2	12,13
9	0,80	130,60	0,00	0,00	441,21	12,30
10	0,80	131,70	0,00	0,00	445,50	12,31
11	0,80	132,30	0,00	0,00	446,04	12,35
12	0,80	132,80	0,00	0,00	447,38	12,39
13	0,81	132,80	0,00	0,00	448,46	12,52
14	0,81	133,20	0,00	0,00	450,33	12,65
15	0,82	133,90	0,00	0,00	453,29	12,72
K <sub>0,975</sub> (15)	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466
H	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
x <sub>D</sub> (4)	0,780	128,600	0,000	0,000	429,660	11,800
x <sub>U</sub> (12)	0,800	132,800	0,000	0,000	447,380	12,390
P <sub>L</sub>	0,790	130,700	0,000	0,000	438,520	12,095
R <sub>L</sub>	0,020	4,200	0,000	0,000	17,720	0,590
IS d	0,781	128,743	0,000	0,000	430,262	11,820
IS u	0,799	132,657	0,000	0,000	446,778	12,370

## Příloha č. 2

Tab. 16: Sít'ka: naměřené chemické vlastnosti před úpravou

Měřená vlastnost				
Číslo vzorku	Absorbance	Potenciometrické hodnocení pH		
		kontrolní vzorek (kv)	zkoušený vzorek (zv)	rozdíl [(kv) - (zv)]
1	0,365	6,050	5,520	0,530
2	0,370	6,050	5,580	0,470
3	0,380	6,050	5,610	0,440
4	0,390	6,050	5,660	0,390
5	0,390	6,050	5,740	0,310
6	0,400	6,050	5,800	0,250
7	0,410	6,050	5,843	0,207
8	0,410	6,050	5,850	0,200
9	0,410	6,050	5,860	0,190
10	0,420	6,050	5,880	0,170
11	0,420	6,050	5,880	0,170
12	0,440	6,050	5,900	0,150
<b>K<sub>0,975</sub></b>	0,483	0,483	0,483	
<b>H</b>	3,000	3,000	3,000	
<b>x<sub>D</sub> (3)</b>	0,380	6,050	5,610	
<b>x<sub>U</sub> (10)</b>	0,420	6,050	5,880	
<b>P<sub>L</sub></b>	0,400	6,050	5,745	
<b>R<sub>L</sub></b>	0,040	0,000	0,270	
<b>IS d</b>	0,381	6,050	5,615	
<b>IS u</b>	0,419	6,050	5,875	

## Příloha č. 2

Tab. 17: Sít'ka: naměřené chemické vlastnosti po úpravě č. 4/70

Ultrazvukové čištění 70% isopropylalkoholem

Měřená vlastnost				
Číslo vzorku	Absorbance	Potenciometrické hodnocení pH		
		kontrolní vzorek (kv)	zkoušený vzorek (zv)	rozdíl [(kv) - (zv)]
1	0,007	6,080	5,670	0,410
2	0,007	6,080	5,670	0,410
3	0,007	6,080	5,680	0,400
4	0,008	6,080	5,680	0,400
5	0,008	6,080	5,710	0,370
6	0,009	6,080	5,730	0,350
7	0,009	6,080	5,790	0,290
8	0,009	6,080	5,810	0,270
9	0,009	6,080	5,880	0,200
10	0,010	6,080	5,920	0,160
11	0,010	6,080	5,920	0,160
12	0,010	6,080	5,930	0,150
K <sub>0,975</sub>	0,483	0,483	0,483	
H	3,000	3,000	3,000	
x <sub>D</sub> (3)	0,007	6,080	5,680	
x <sub>U</sub> (10)	0,010	6,080	5,920	
P <sub>L</sub>	0,009	6,080	5,800	
R <sub>L</sub>	0,003	0,000	0,240	
IS d	0,007	6,080	5,684	
IS u	0,010	6,080	5,916	

## Příloha č. 2

Tab. 18: Sít'ka: naměřené chemické vlastnosti po úpravě č. 4/50

Ultrazvukové čištění 50% isopropylalkoholem

Měřená vlastnost				
Číslo vzorku	Absorbance	Potenciometrické hodnocení pH		
		kontrolní vzorek (kv)	zkoušený vzorek (zv)	rozdíl [(kv) - (zv)]
1	0,024	6,110	5,470	0,640
2	0,025	6,110	5,490	0,620
3	0,027	6,110	5,520	0,590
4	0,027	6,110	5,570	0,540
5	0,028	6,110	5,570	0,540
6	0,028	6,110	5,580	0,530
7	0,031	6,110	5,580	0,530
8	0,034	6,110	5,600	0,510
9	0,035	6,110	5,620	0,490
10	0,038	6,110	5,650	0,460
11	0,039	6,110	5,650	0,460
12	0,039	6,110	5,660	0,450
K <sub>0,975</sub>	0,483	0,483	0,483	
H	3,000	3,000	3,000	
x <sub>D</sub> (3)	0,027	6,110	5,520	
x <sub>U</sub> (10)	0,038	6,110	5,650	
P <sub>L</sub>	0,033	6,110	5,585	
R <sub>L</sub>	0,011	0,000	0,130	
IS d	0,028	6,110	5,520	
IS u	0,037	6,110	5,648	

## Příloha č. 2

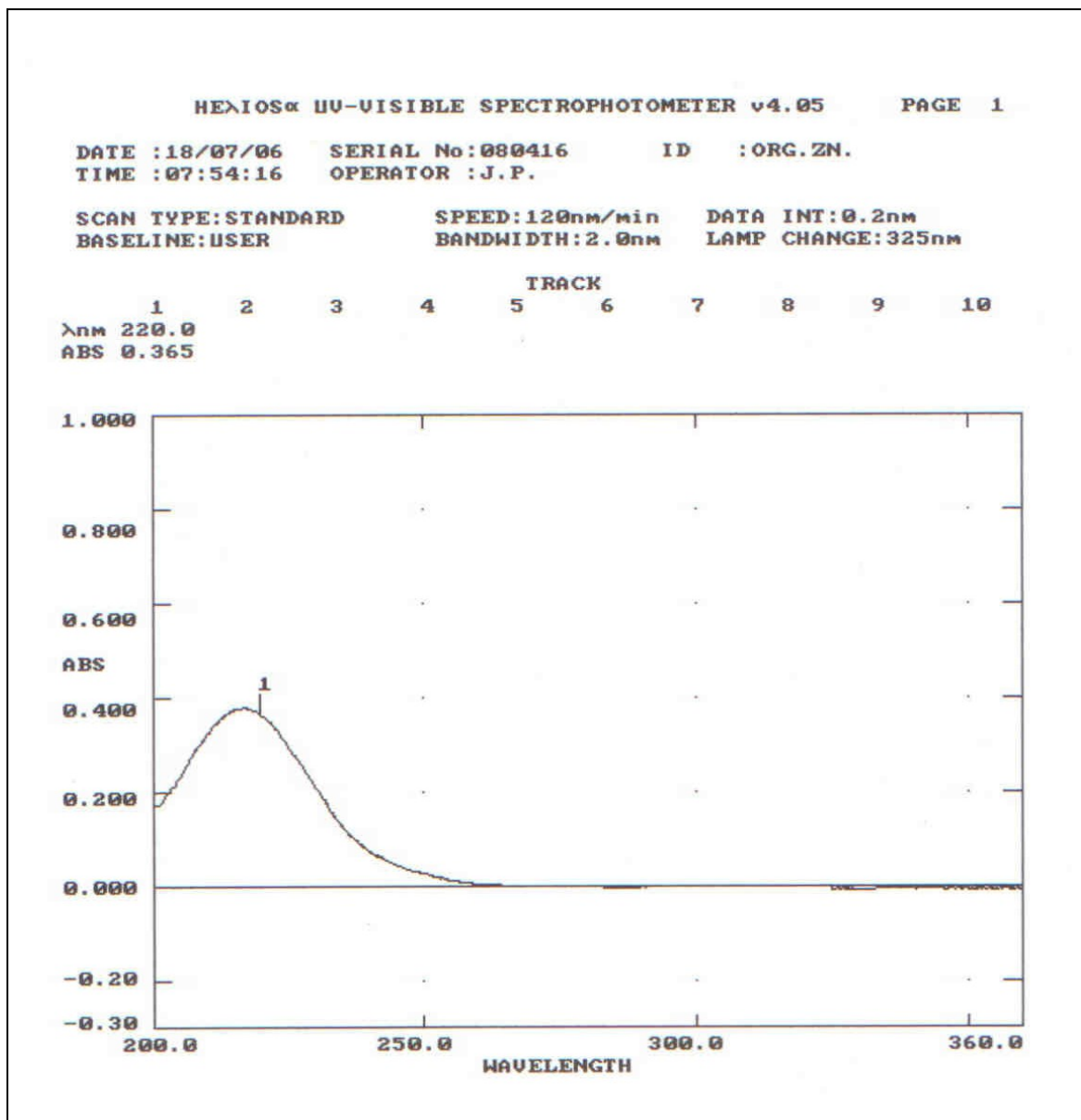
Tab. 19: Sít'ka: naměřené chemické vlastnosti po úpravě č. 4/25

Ultrazvukové čištění 25% isopropylalkoholem

	Měřená vlastnost			
Číslo vzorku	Absorbance	Potenciometrické hodnocení pH		
		kontrolní vzorek (kv)	zkoušený vzorek (zv)	rozdíl [(kv) - (zv)]
1	0,192	6,360	5,530	0,830
2	0,195	6,360	5,560	0,800
3	0,198	6,360	5,580	0,780
4	0,203	6,360	5,620	0,740
5	0,205	6,360	5,630	0,730
6	0,211	6,360	5,650	0,710
7	0,223	6,360	5,650	0,710
8	0,226	6,360	5,670	0,690
9	0,228	6,360	5,680	0,680
10	0,240	6,360	5,710	0,650
11	0,244	6,360	5,720	0,640
12	0,245	6,360	5,730	0,630
K <sub>0,975</sub>	0,483	0,483	0,483	
H	3,000	3,000	3,000	
x <sub>D</sub> (3)	0,198	6,360	5,580	
x <sub>U</sub> (10)	0,240	6,360	5,710	
P <sub>L</sub>	0,219	6,360	5,645	
R <sub>L</sub>	0,042	0,000	0,130	
IS d	0,199	6,360	5,582	
IS u	0,239	6,360	5,708	

### Příloha č. 3

Obr. 30: Křivka absorpance vodného výluhu ze sítěky před úpravou

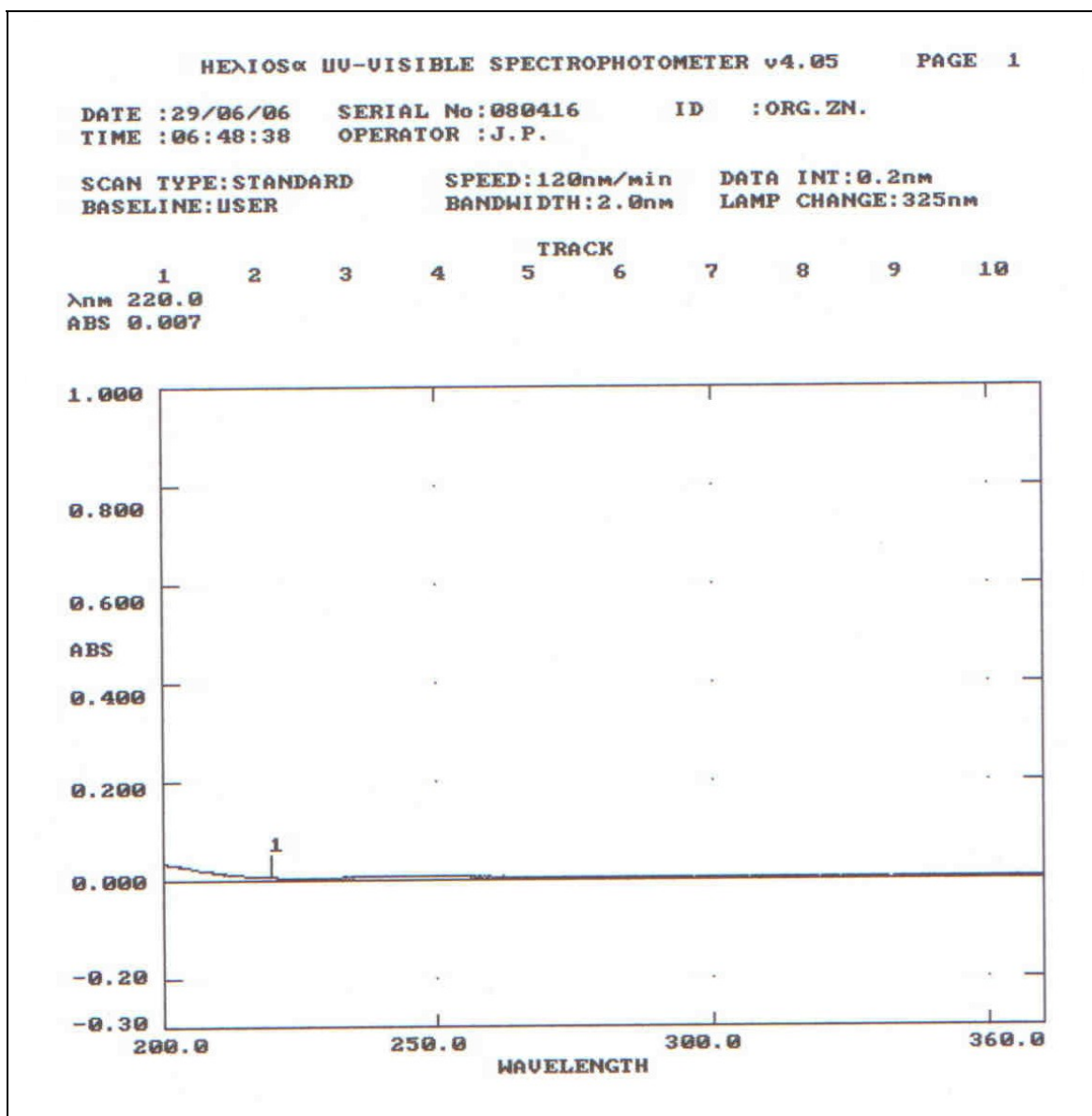




### Příloha č. 3

Obr. 31: Křivka absorbance vodného výluhu ze sítěky po úpravě č. 4

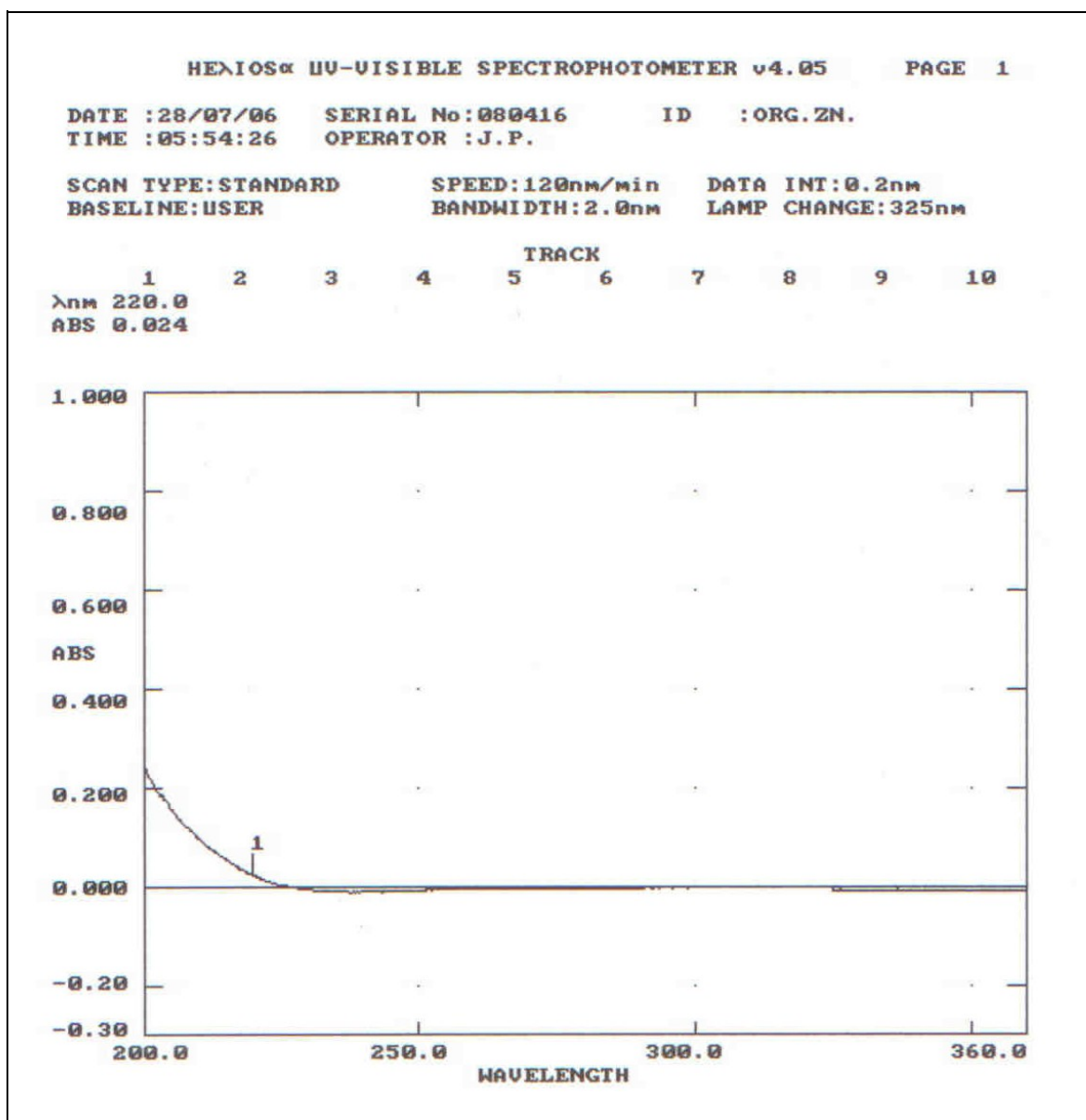
Ultrazvukové čištění isopropylalkoholem (70%)



### Příloha č. 3

Obr. 32: Křivka absorpance vodného výluhu ze síťky po úpravě č. 4

Ultrazvukové čištění isopropylalkoholem (50%)



### Příloha č. 3

Obr. 33: Křivka absorpance vodného výluhu ze sítěky po úpravě č. 4

Ultrazvukové čištění isopropylalkoholem (25%)

